



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ciencias Matemáticas

Escuela Profesional de Computación Científica

**“Red de kohonen para determinar la eficiencia del uso
de fosfitos en el tratamiento de la enfermedad
Phytophthora cinnamomi en plantas de arándanos
(Vaccinium corymbosum) cv. Biloxi.”**

TESINA

**Para optar el Título Profesional de Licenciada en Computación
Científica**

Modalidad Examen de Suficiencia Profesional

AUTOR

Flor de Liz HUAYHUA SOLÓRZANO

Lima, Perú

2017



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Huayhua, F. (2017). *“Red de kohonen para determinar la eficiencia del uso de fosfitos en el tratamiento de la enfermedad Phytophthora cinnamomi en plantas de arándanos (Vaccinium corymbosum) cv. Biloxi.”*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Matemáticas, Escuela Profesional de Computación Científica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, DECANA DE AMERICA)

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS

PROGRAMA DE ACTUALIZACIÓN PARA LA TITULACIÓN PROFESIONAL 2017-I
MODALIDAD EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

ESCUELA PROFESIONAL DE COMPUTACION CIENTIFICA

ACTA DE EXPOSICIÓN DE TESINA

En la Ciudad Universitaria, Facultad de Ciencias Matemáticas, siendo las 11:00 horas, del día 26 de AGOSTO del 2017, se reunieron los docentes designados como Miembros del Jurado Evaluador:

Dra. María Zegarra Garay

Presidenta

Lic. Julio Flores Dionicio

Miembro

Para la exposición de Tesina titulada: «RED DE KOHONEN PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA DEL USO DE FOSFITOS EN EL TRATAMIENTO DE LA ENFERMEDAD PHYTOPHTHORA CINNAMOMI EN PLANTAS DE ARÁNDANOS (VACCINIUM CORYMBOSUM) CV.BILOXI», presentada por la Bachiller FLOR DE LIZ HUAYHUA SOLORZANO, para optar el título profesional de licenciada en Computación Científica.

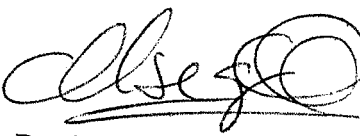
Luego de la exposición de la tesina, los Miembros del Jurado hicieron las preguntas correspondientes, a las cuales la Bachiller FLOR DE LIZ HUAYHUA SOLORZANO, respondió con acierto y solvencia, demostrando pleno conocimiento del tema.

Hecha la evaluación correspondiente, según tabla adjunta, la Bachiller FLOR DE LIZ HUAYHUA SOLORZANO mereció la aprobación obteniendo como calificativo promedio y la nota de DIECINUEVE (19) (letras y números).

A continuación los Miembros del Jurado, dan manifiesto que la Bachiller FLOR DE LIZ HUAYHUA SOLORZANO APROBÓ la exposición de la Tesina.

Siendo las 11:30 horas, se levantó la sesión, firmando para constancia la presente acta en dos (2) copias originales.


Lic. Julio Flores Dionicio
MIEMBRO


Dra. María Zegarra Garay
PRESIDENTA

“REDES NEURONALES- RED KOHONEN PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA DEL USO DE FOSFITOS EN EL TRATAMIENTO DE LA ENFERMEDAD *Phytophthora cinnamomi* EN PLANTAS DE ARÁNDANOS (*Vaccinium corymbosum*) CV. BILOXI.”


POR:

FLOR DE LIZ HUAYHUA SOLORZANO

Tesis presentada a consideración del Cuerpo Docente de la Facultad de Ciencias Matemáticas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, como parte de los requisitos para obtener el título profesional de Licenciado en Computación Científica.

Aprobado por:

Dra. María Zegarra Garay



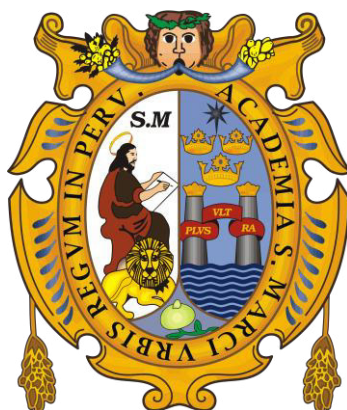
Lic. Julio Flores Dionicio

Lima – Perú
Agosto – 2017

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE COMPUTACIÓN CIENTÍFICA



**“RED DE KOHONEN PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA DEL USO DE
FOSFITOS EN EL TRATAMIENTO DE LA ENFERMEDAD *Phytophthora
cinnamomi* EN PLANTAS DE ARÁNDANOS (*Vaccinium corymbosum*)
CV. BILOXI.”**

TESINA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE LICENCIADA EN COMPUTACIÓN CIENTÍFICA

Br. FLOR DE LIZ HUAYHUA SOLÓRZANO

PROGRAMA DE ACTUALIZACIÓN PARA LA TITULACION
PROFESIONAL 2017-I

MODALIDAD EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Lima-Perú
2017

Dedicado:

A mi hijo Angelito

*A Julio Ángeles, Por ser mi compañero
de toda la vida, a mis padres y
hermanos.*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

<i>CAPITULO I - INTRODUCCIÓN</i>	9
1.1. Situación problemática	12
1.3. Formulación del problema	14
1.4. Justificación	15
a. Objetivos	15
i. Objetivo principal	15
ii. Objetivos específicos	16
<i>CAPITULO II - MARCO TEÓRICO</i>	17
2.1. Antecedentes	17
2.2. Cultivo de arándanos	18
<i>CAPITULO III – Enfermedad Phytophthora cinnamomi</i>	26
<i>CAPITULO IV – REDES NEURONALES</i>	31
<i>CAPITULO V - MÉTODO</i>	38
<i>CAPITULO VI – IMPLANTACION DE LA SOLUCION</i>	39
6.1. Red de Kohonen con 4 clusters tamaño de plantulas y diametro	52
6.2. Red Kohonen con 4 clusters: Tamaño de Raiz y Peso Fresco foliar	54
CONCLUSIONES	55
• Se probaron combinaciones de variables para identificar la eficiencia de los fosfitos de los fungicidas en el tratamiento	55

- Las plántulas tratadas con fosfitos Se muestra la eficiencia del uso de fosfitos ante los fungicidas en el tratamiento contra la enfermedad *Phytophthora Cinamomi* en el cultivo de arándano. _____ 55
- Como un método alternativo a las pruebas estadísticas con la creación de la red neuronal Kohonen se ha logrado comparar los resultados de de plántulas inoculadas de las sin inocular en los diferentes clusters al inicio y al final del experimento. ____ 55

CAPITULO I - INTRODUCCIÓN

Los arándanos son considerados ahora el cultivo de frutos más importante, teniendo que ser domesticado durante 20 siglos. Es un cultivo de alto valor, pueden prosperar en suelos ácidos, arenosos, medianamente drenados. Norte América es el mayor productor de arándanos. El área total de siembra aproximadamente en Norte América es de 74 mil has. Los arándanos son uno de las más ricas fuente de antioxidantes de todas las frutas y vegetales (Prior et al. 1998). Además, los arándanos frescos poseen una buena fuente de vitamina C (Matzner 1967). Este cultivo es producido comercialmente en 16 países alrededor del mundo. Los rendimientos promedios han aumentado casi en un 50% en los últimos 10 años a 4000 libras/acre.

Según Sierra Exportadora, en el Perú hay 500has de arándanos (Cajamarca, La Libertad, Ancash, Lima, Arequipa). Y se estima que entre el 2018 y el 2020 el Perú podría contar con 4000 hectáreas de arándanos. En cuanto a las oportunidades en el mercado internacional hay un “hueco” en los meses de setiembre a noviembre que puede ser cubierto con Perú y en el que no compite de manera importante ningún otro país. Agro negocios Perú 2014.

La variedad que más se cultiva actualmente en el Perú por su buena adaptación y productividad es la Biloxi aunque hay decenas de variedades.

Algunos resultados experimentales observados de la aplicación de fosfitos han demostrado que los tratamientos preventivos a la planta resultarían en un nivel alto de fitoalexinas, seis veces más que en condiciones normales, previniendo e inhibiendo el ataque fungoso (Schwin y Margot, 1991 y Química Suiza 2001).

Ante esta situación resulta evidente la comparación entre los fungicidas y los fosfitos para el control de la enfermedad así lograr reducir el uso de fungicidas y el número de aplicaciones, puesto que estos son caros en su aplicación dañan el medio ambiente, al agricultor y al consumidor. Así promocionar el uso de fungicidas en los demás frutales ya que estos son

más económicos, amigables con el medio ambiente, no dañan a las plantas y tampoco al consumidor.

El objetivo de la presente investigación fue determinar mediante el uso de Redes Neuronales – Red kohonen la eficiencia que produce las diferentes aplicaciones de fosfitos a nivel foliar y radicular contra la enfermedad *Phytophthora Cinnamoni* en plantas de arándanos (*Vaccinium Corymbosum*) – Biloxi.

Para lo cual se:

1. Se elaboro dos cuadros de datos, para analizar el comportamiento del tamaño y el diámetro de las plántulas en las diferentes toma de tiempos.
2. Se elaboró un cuadro para la toma de datos del tamaño de la raíz.
3. Se elaboró un cuadro para la toma de datos del peso fresco y seco del follaje.
4. Se elaboró un cuadro para la toma de datos para el peso seco y fresco de la raíz
5. .Se creó un programa en Matlab con uso de Redes Neuronales - Red kohonen
6. Se creó varias redes con distintas cantidades de clusters, por ejemplo: Tamaño de la planta vs diámetro de la planta, Tamaño de la planta vs raíz, etc., en cada una de estas se creo la red de kohonen al inicio y al final con 2, 3, 4, y 7 clusters, observando en cada una de ellas la eficiencia de los fosfitos ante los fungicidas.
7. Los resultados de estos grupos fueron comparados con diferentes grupos de clusters, teniendo así el resultado de la eficiencia del uso de los fosfitos y los fungicidas en las plántulas para este experimento.

La tesis se organiza de la siguiente manera: En el capítulo 1 se plantea la problemática que existe en el cultivo de los arándanos donde gracias a un experimento ya realizado se puede verificar la eficiencia de los fosfitos ante los fungicidas, el capítulo 2 se presenta el marco teorico para describir los antecedentes , el cultivo de arandanos, los tipos de requerimientos agroclimáticos, también veremos los problemas sanitarios para el cultivo de arándanos, en el capítulo 3 se presenta la enfermedades que afectan a el

cultivo de arándanos, en el capítulo 4 se presenta la red neuronal Kohonen LVQ en el capítulo 5 se presenta el método de la red kohonen y la creación de los clusters, en el capítulo 6 se presenta el método de la Red Kohonen y los resultados obtenidos, se analizan y comparan, en el capítulo 7 se presenta las conclusiones, finalmente se presenta el capítulo 8 las recomendaciones. Y veremos los anexos.

1.1. Situación problemática

La pudrición radicular y foliar es una de las enfermedades más importantes que afecta el cultivo de arándanos no solo en el Perú sino a nivel mundial, con el fin de evitar o disminuir las pérdidas ocasionadas por esta enfermedad, es necesario ejecutar una combinación de medidas complementarias que resulten en una producción más económica del cultivo que a su vez no perjudiquen la salud del agricultor, del consumidor y proteja el medio ambiente.



Fig. 1 Hojas con pudrición radicular



1.2. Descripción del experimento

En la Universidad Nacional Agraria La Molina se llevo acabo el año 2014 un experimento para comprobar la eficiencia del uso de fosfito ante los fungicidas en plántulas de arándanos ante la enfermedad *Phytophthora Cinnamoni*, dicho experimento consto en la obtención de 49 plantulas de 3 meses de edad comparadas en el vivero “Incaverriy “ Lima-Peru 2014, donde teniendo a la especie de Arándanos Azules (BILOXI) en la cantidades de 49 plántulas como la muestra total y a cada una de las plántulas como unidad de medida ,para mayor observación de las plántulas se tomaron de la siguiente forma: T1=fosfito de cobre a nivel foliar , T2= fosfito de cobre a nivel radicular, T3= fosfito de potasio a nivel foliar, T4= fosfito de potasio a nivel radicular, T5= VACOMIL PLUS 50 (fungicida), T6= Testigo inoculado (plántulas enfermas), T7= testigo sin inocular (plántulas sanas), habiendo de cada una de estas siete repeticiones, ,estas fueron trasladadas al vivero de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú-2014, donde se espero a que se aclimatasen a su nuevo sustrato que fue aproximadamente 3 semanas y allí se empezó con el experimento que consistió en dejar 7 como testigo sin inocular (T7) y protegido de no ser infestado para su observación, se infesto con el hongo a 42 plántulas, 7 sin tratamiento (T6), a 7 tratados con fungicidas (T5), a las restantes 28 plántulas (T1,T2,T3,T4) infestadas y tratadas con fosfitos. Todas (42 plántulas) estas observadas y tratadas con su respectiva aplicación y con varias repeticiones durante 4 meses, los datos que hallamos fueron la medida del tallo con 7 repeticiones, la medida el diámetro con 7 repeticiones, la longitud de la raíz, peso fresco de la raíz, peso seco de la raíz, % de raíz dañada, peso fresco del follaje, peso seco del follaje

1.3. Formulación del problema

El arándano (*Vaccinium corymbosum*), es un cultivo frutal que ha experimentado en los últimos años un sostenido crecimiento en superficie y rendimiento en el Perú. Convirtiéndose en una interesante alternativa de producción, principalmente en la zona costa norte del país donde se encuentra la mayor superficie de plantación. (Agro negocios. 2014). La producción de este cultivo enfrenta una serie de problemas, dentro de los cuales está el aspecto fitosanitario, y dentro de este los ataques de enfermedades como pudrición radicular (*Phytophthora sp.*), por ello gracias a un experimento ya realizado veremos la eficiencia del uso de fosfitos para el control de esta enfermedad en el cultivo de arándanos, usando Redes Neuronales, Red kohonen (LVQ).

Luego de analizar la problemática se plantean las siguientes preguntas de investigación:

Pregunta principal

1. ¿Cómo comprobar la eficiencia del uso de los fosfitos ante los fungicidas contra la enfermedad *Phytophthora Cinnamoni* en el cultivo de los Arándanos – Biloxi usando Redes Neuronales?

Preguntas específicas

1. ¿Qué topología debe tener la Red de Kohonen para diferenciar las plantas inoculadas de las no inoculadas al inicio y al final del experimento en plántulas de arándanos contra la enfermedad *Phytophthora Cinnamoni* ?
2. ¿Hay diferencias significativas de los clusters que agrupan las plantas tratadas con fosfitos con los clusters tratadas con fungicidas en el experimento?

1.4. Justificación

1. Justificación Técnica Económica:

Nuestra investigación está dirigida a todo público que esté relacionado al cultivo de arándanos (*Vaccinium corymbosum*) Biloxi, para observar la eficiencia del control de la enfermedad *Phytophthora cinamomi* mediante fosfitos y así lograr una mayor producción de arándanos, ya estos tienen un alto valor comercial, y se estima que su producción aumentará significativamente.

2. Justificación Técnica Académica:

En nuestro trabajo probamos que es de importancia en uso de herramientas matemáticas y estudios de Inteligencia Artificial estudiados en pregrado para la aplicación en la realidad.

3. Justificación Técnica Social:

La aplicación de fosfitos en la agronomía permite una producción más económica, ya que su accesibilidad es barata, además permite que el agricultor, y el consumidor cuiden su salud aparte de no contaminar el medio ambiente

a. Objetivos

i. Objetivo principal

Determinar mediante Redes Neuronales red Kohonen la eficiencia que produce las diferentes aplicaciones de fosfitos a nivel foliar y radicular contra la enfermedad *Phytophthora cinamomi* en el cultivo de arándano.

ii. Objetivos específicos

1. Construcción de la Red Neuronal Red Kohonen y entrenarla con todos los datos del experto, para comparar los resultados de plántulas inoculadas de las sin inocular en los diferentes clusters al inicio y al final del experimento.
2. Comparación de la eficiencia del uso de fosfito versus el uso de fungicidas al inicio y final del experimento.

CAPITULO II - MARCO TEÓRICO

Para la mejor comprensión del siguiente estudio se presenta algunas investigaciones relacionadas, las bases teóricas de los temas tratados y los conceptos involucrados:

2.1. Antecedentes

El Ing. Enrique C. Bombelli, presenta en la tesis **MODELADO PARA LA PREDICCIÓN DE ENFERMEDADES EN CULTIVO DE ALTO VALOR COMERCIAL**, en noviembre del 2011, aquí trata de la construcción de modelos matemáticos y estadísticos que predigan el comportamiento de una enfermedad (el hongo *Alternaria Tenissima*), en las plantas de arándanos. Donde se realizaron la medición de las hojas, tallo y raíces, así como la observación de las ramas, hojas por rama y hojas enfermas, en una muestra de 22 plantas durante los ciclos epidémicos primavera-estivo-otoñales de 2008,2009,2010, obtenidas de tres localidades San Pedro, Concordia y Gualeguaychu, donde se ajustaron los modelos logísticos y Gompertz. A partir de las curvas de progreso epidémico ajustadas se estimó la severidad y la tasa de incremento epidémico cada 14 días, los mejores modelos simples de regresión logística dieron una precisión de 93.8%, y el otro modelo de respuesta ordinal integro a la interacción de días de precipitación*días de temperatura (16 y 36 °C), dando una precisión de predicción de 86.2% identificando así los niveles de infección de las hojas y su capacidad de infectar al fruto.

2.2. Cultivo de arándanos

Los arándanos constituyen un grupo de especies nativas del hemisferio norte, pertenecen a la familia de la Ericáceas, la misma familia a la que pertenecen las azaleas y el rododendro. Las especies de mayor interés comercial son *Vaccinium corymbosum* L. (arándano alto, highbush) y el *Vaccinium mashei* (arándano ojo de conejo, rabbiteye). Son arbustos que dependiendo de la especie alcanzan alturas que van desde unos pocos centímetros hasta varios metros, sus hojas son simples y caedizas su forma varía de ovalada a lanceolada, se distribuyen en forma alterna a lo largo de la ramilla, los estomas están ubicados exclusivamente en el envés de las hojas en densidades de hasta 300 por mm cuadrado. El fruto es una baya redondeada, de 7 a 9 mm. de diámetro, de color negro azulado, cubierta de pruina azul y con un ribete en lo alto a modo de coronita, su carne, de un agradable sabor agrídulce, es de color vinoso, y en la parte central contiene diversas simientes. Las variedades Biloxi, Misty y Legacy, son las que mejor se adaptan en nuestro país (**SIERRA EXPORTADORA - 2010**)

Vaccinium corymbosum es un género de arbusto que incluye a todas las especies llamadas arándano. Este género contiene alrededor de 450 especies incluyendo la especie *Cyanococcus*, comúnmente llamada arándano azul o blueberry. En la producción comercial, las especies más pequeñas se conocen como “lowbush blueberry” también conocida como “wild” y la especie más grande se conoce como “highbush blueberry”, más comunes en Estados Unidos

Los arándanos son considerados ahora el cultivo de frutos más importante, teniendo que ser domesticado durante 20 siglos. Son un cultivo de alto valor, pueden prosperar en suelos ácidos, arenosos, medianamente drenados, una vez considerados sin valor para cultivo agrícola. Norte América es el mayor productor de arándanos. El área total de siembra aproximadamente en Norte América es de 74 mil has. Los arándanos son uno de los más ricos fuentes de antioxidantes de todas las frutas y vegetales (**Prior et al. 1998**). Además, los arándanos frescos poseen una buena fuente de vitamina C (**Matzner 1967**). Los arándanos son producidos comercialmente en 16 países alrededor del mundo. Los rendimientos promedios han aumentado casi en un 50% en los últimos 10 años a 4000 libras/acre.

Según Sierra Exportadora, en el Perú hay 500 has de arándanos (Cajamarca, La Libertad, Ancash, Lima, Arequipa). Y se estima que entre el 2018 y el 2020 el Perú podría contar con 4000 hectáreas de arándanos. En cuanto a

las oportunidades en el mercado internacional hay un “hueco” en los meses de setiembre a noviembre que puede ser cubierto con Perú y en el que no compite de manera importante ningún otro país. **Agronegocios Perú 2014.**

La variedad que más se cultiva actualmente en el Perú por su buena adaptación y productividad es la Biloxi es por ello que esta variedad será parte de nuestra investigación.



Fig. 2 Agronegocios Perú 2014

2.3 Tipos de Arándanos

2.3.1 Arándano Azul BILOXI *Vaccinium corimbosum* : Crece en la zona Noreste de Estados Unidos, se caracteriza por sus hojas caducas, que adquieren un tono escarlata, al llegar el otoño, es un arbusto de aspecto vertical, que alcanza 1.8 metros de altura, con flores rocosas e inflorescencias péndulas de color rosa palo pálido. Destaca por sus frutos de color negro – azulado, bastantes grandes y sabrosos, es la especie más ampliamente cultivada.



2.3.2 Arándano Negro / Arándano Uliginoso

***Vaccinium uliginosum*:** Se encuentra en el hemisferio norte. Muy importante en el hemisferio norte, muy abundante en el nivel del mar, en zonas en regiones más frías de Europa, Asia y América, hasta más de 3000 metros en las montañas del sur de estas regiones,. Se trata de un arbusto que difícilmente el medio metro de altura, siendo 15 0 20 cm, su altura habitual, crece en suelos ácidos de la tundra, zonas pantanosas y bosques de coníferas. Sus frutos son negras con pulpa blanca y sus flores rosa pálido, florece en 6 primavera y fructifica en verano. No se suele cultivar, aunque se recogen los frutos en forma silvestre.



2.3.3 Arándano Rojo *Vaccinium vitis – idaea*: Es otro tipo de arándanos cuyos frutos, suelen recoger de las plantas silvestres. Crece en la zona norte de Europa, América, Asia y en las montañas del hemisferio norte. Normalmente aparece formando un bultopor debajo de los árboles de 10 y 30 cm de altura, aunque es muy similar al ráspero, se diferencian porque las flores de este último, son rosadas mientras que este arándano presenta tonos rosados y estambres incluidos dentro de la corola. Los frutos son redondeados y rojizos y aparecen a finales de otoño, su sabor es muy ácido por lo que se utiliza fundamentalmente en la elaboración de compotas y mermeladas.



2.4 Requerimientos agroclimáticos para el cultivo de Arándano Biloxi .

2.4.1.- Características del suelo:

La mayoría de las especies de arándanos requieren de suelos con ph entre 4,3 – 5,5 , ya que si los niveles del mismo se encontraran por encima el desarrollo de la planta y su follaje se verían afectados, con abundante estructura de poros livianos, textura limosa – franco arenosa, alta cantidad de materia orgánica retentiva de humedad. A su vez el suelo debe tener un excelente drenaje a fin de permitir un alto contenido de oxígeno y facilitar el desarrollo de su sistema radicular, el agregado de una capa de 6- 25 cm de espesor de hoja de pino o paja, viruta, turba ácida, retiene la humedad y aumenta el contenido de materia orgánica en el suelo. Los arándanos no toleran las arcillas pesadas ya que el crecimiento de sus raíces se ve muy dificultado. La preparación del suelo debe hacerse con bastante anticipación ya que algunos de los procesos necesitan tiempo para llevarse a cabo, la distancia de plantación más aconsejable es de 3 metros de distancia entre hileras y 1 metro entre plantas.

2.4.2 Clima:

El arándano es un arbusto frutal de hoja caduca que necesita de un período de frío acumulado durante el invierno que le permita sobreponerse al receso invernal y de esta forma obtener una floración pareja y abundante. La cantidad de horas frío (temperaturas inferiores a los 7 grados centígrados) Depende de la variedad pero en líneas generales se puede hablar de 160 – 1400 hs. Siendo los arándanos altos los de mayor requerimiento. Son muy resistentes al frío, pudiendo sobreponerse luego de soportar temperatura de –20 grados centígrados, cuando su madera se encuentra lignificada, pero sus brotes tiernos de primavera no toleran heladas prolongadas.

2.4.3 Riego:

Es sensible tanto al exceso de cómo a la falta de humedad, para evitar situaciones de déficit hídrico es imprescindible instalar un sistema de riego. El mas adecuado para este tipo de plantas es el riego por goteo. Cantidades adicionales de agua en épocas de sequía favorece el crecimiento de las plantas jóvenes y acelera su entrada en producción, hay que tener en cuenta que estas plantas tienen su mejor situación de crecimiento cuando poseen un ambiente húmedo en su área radicular. La frecuencia de riego semanal va a estar dada por factores como: *Clima, Calidad del suelo. Para tener como referencia, los emisores con un caudal de aproximadamente 4 litros/hs/planta son suficientes.* Si bien el riego por aspersión no es muy aconsejable, debe ser considerado como método muy efectivo para la protección contra heladas.

III.- Problemas Sanitarios

3.1 Plagas:

El aspecto sanitario de la planta también merece una atención especial. Hay plagas y enfermedades que atacan el cultivo y que pueden producir un nivel de daño importante tanto en la cantidad como en la calidad de la fruta. El uso de herbicidas para controlar las malezas debe ser realizado con mucha precaución porque el arándano es sensible a la mayoría de los principios activos y el daño puede ser irreversible provocando la muerte de la planta.

3.1.1 O. rugosostriatus



3.1.2 A. superciliosus



3.1.3 A. cervinus



3.2 Enfermedades

3.2.1 Enfermedades causadas por hongos

3.2.1.1 Tizón bacteriano (*Pseudomonassyringae*): Es una bacteria que entra en el interior de los tallos a través de las heridas, cortes, heridas profundas por el frío, etc. En el interior de los tejidos produce una toxina (siringomicina) que facilita el crecimiento de nuevas bacterias como la producción de una proteína que facilita que la planta sea más susceptible a ser dañada por el frío. Esta enfermedad solo afecta a las ramas jóvenes del año anterior o a las estacas que han sido preparadas para nuevas plantaciones. En estas partes jóvenes se desarrolla un cancro negro o marrón – rojizo que puede afectar desde un par de centímetros a cada rama. Afecta a las yemas que mueren y a las hojas que amarillean y se caen. Para controlar esta enfermedad se requiere la poda de las ramas afectadas lo más pronto posible. El uso de abonos nitrogenados a finales de verano resulta desaconsejado porque incentiva el crecimiento de la bacteria, El control

químico supone el uso de insecticidas cúpricos a principios de octubre y principios de noviembre.



3.2.1.2 La Podredumbre gris: Producida por el hongo (*Botrytis cinérea*) que se desarrolla fundamentalmente en condiciones de humedad. Ataca numerosas bayas. Entre ellas las fresas, frambuesas o los arándanos, hortalizas como los tomates o cebollas. Se caracteriza por la aparición de una capa o telaraña de color gris sobre la parte afectada. Es una plaga que se propaga rápidamente con las condiciones favorables, en el caso de las frambuesas ataca a los frutos pudriéndolos. La resistencia del micelium en forma de una capa compacta y dura sobre los frutos y troncos permite que el hongo pueda resistir en condiciones ambientales desfavorables. El tratamiento principal es la eliminación del material infectado con el objetivo de dificultar su expansión y mejorar las condiciones de ventilación para eliminar la humedad acumulada sobre las plantas que facilite el contagio y la exposición de la enfermedad. Para ello se deberán plantar las plantas más espaciadas y realizar una poda adecuada que permita eliminar material sobrante y que circule el aire entre las

plantas. Esto es particularmente importante cuando se plantan en invernaderos donde la circulación del aire suele ser menor y las condiciones de humedad muy elevadas.



3.2.1.3 Chancro o cáncer del frutal (*Fusicoccum* spp.): Esta enfermedad está producida por hongos del género *fusicoccum*, los cuales producen un chancro en las ramas o troncos que va aumentando hasta rodear la misma y producir su muerte. En los chancros el hongo desarrolla esporas que son esparcidas por la lluvia o por el viento y colonizan otras especies sanas. Por lo tanto la infección será más común en años con mucha humedad. La aparición de la enfermedad se nota en los ejemplares jóvenes con el desarrollo de sus manchas redondeadas de color marrón rojizo. El manejo de esta plaga supone la poda del material infectado y su posterior eliminación así como la aplicación de un fungicida adecuado.



CAPITULO III – Enfermedad *Phytophthora cinnamomi*

3.1 Definición:

Phytophthora cinnamomi es un oomicete que produce una fitopatología (micosis) llamada tinta del castaño. Vive en el suelo nutriéndose gracias a materias en descomposición, e inicia su destrucción por las raíces más pequeñas, avanzando de forma centrípeta con el fin de destruir el núcleo del árbol y su sistema conductor. Está incluido en la lista *100 de las especies exóticas invasoras más dañinas del mundo* de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

"Infección de *Phytophthora cinnamomi*" Este daño de Micosis radicular frondosa, Comienza con el daño de las raíces absorbentes (secundarias), causando su pudrición. Mediante las zoosporas invaden las raíces estructurales (primarias) y a partir de aquí se expande al tallo mediante el micelio.

P. cinnamomi produce 4 estados de espora: esporangio, zoosporas (que salen del esporangio), clamidiosporas y oosporas. Cada una es diferente en forma y función de las otras y afectan de acuerdo al ambiente y a los factores nutricionales. Cada esporangio produce 15-20 zoosporangios móviles bajo condiciones ambientales favorables.

El proceso de infección- germinación del zoosporangio, penetración, y el establecimiento del hongo en las raíces del blueberry ocurre rápidamente. Las zoosporas son atraídas a la región de alargamiento y raíces absorbente. Donde germinan y penetran la raíz justo bajo la capa radicular. En las sumamente susceptible raicillas del highbush blueberry, el hongo penetra la epidermis e invade los tejidos vasculares en 24 horas. Las hifas crecen intracelularmente en la epidermis, corteza, floema y en los vasos del xilema y penetran desde una célula a otra directamente.

Clamidiosporas son la principal estructura de hibernación de *P. cinnamomi*. Las clamidiosporas se forman en las raíces infectadas y se dispersan a través del suelo cuando el tejido radicular se rompe. Una alta humedad en el suelo favorece la infección de raíces, el desarrollo de la enfermedad es más severa en suelos con poco drenaje. Las temperaturas entre 20-32°C favorecen *P. cinnamomi*.

3.2 Causas de la enfermedad *Phytophthora cinnamoni* en arandanos Cv. Biloxi.

Chile es el principal productor y exportador de arándanos del hemisferio sur. Durante 2006-2007, la producción de arándanos (*Vaccinium* spp.) aumentó en Chile, como resultado de una expansión de la superficie plantada, alcanzando 10.762 ha en 2007. Las enfermedades fungosas tienen gran importancia en esta especie frutal siendo la pudrición radical producida por *Phytophthora* una de las principales causas de muerte de plantas de arándano alto en EUA. Durante los últimos cuatro años, se han detectado arándanos con pudrición radical en huertos de la región de Valparaíso, Chile, aislándose en todas ellas *Phytophthora* spp. Este trabajo tuvo como objetivos determinar la patogenicidad en arándano alto de aislamientos de *Phytophthora* spp., y evaluar la susceptibilidad de cultivares de arándanos actualmente plantados en Chile. De este modo, se demostró la patogenicidad de aislamientos de *P. cinnamomi* y *P. citrophthora*, los que causaron pudrición al cuello y raíces en arándano alto. Existió una diferencia significativa entre las plantas inoculadas y las plantas testigo, para las variables altura de planta, crecimiento de brotes, diámetro del tallo, peso fresco de raíces y de parte aérea. En relación con *P. cinnamomi* sólo el cultivar 'Toro' fue resistente, mientras que los cultivares 'Elliot' y 'Toro' mostraron resistencia a *P. citrophthora*, siendo cv. 'Biloxi' el cultivar más

afectado por *P. citrophthora*. De acuerdo con nuestro conocimiento, este es el primer reporte de *P. citrophthora* como causante de pudrición al cuello y raíces en arándano a nivel mundial y el primer trabajo que describe la pudrición del cuello y de las raíces por *Phytophthora* en Chile.(Tesis: Pudrición del cuello y raíces en arándano alto causado por *Phytophthora cinnamomi* y *P. citrophthora*, y susceptibilidad de cultivares, Ing.)

3.3 Formas de tratamiento para la enfermedad *Phytophthora cinnamomi*

3.3.1 METALAXIL 25 DP: Es un fungicida específico para el control de las enfermedades que se indican en el cuadro de instrucciones de uso, causadas por hongos de los generos *Phytophthora*, *Phythium*, *Bremia*, y *Peronospora*

3.3.2 Resistencia a Metalaxil:

El desarrollo del metalaxil (fenilamina) fue un éxito en el control de patógeno como *Phytophthora*, por su efectividad y efecto curativo a bajas dosis en condiciones de alta presión de la enfermedad, lo que hizo que fuera tan atractivo para los agricultores quienes explotaron sus potencialidades al máximo, presionando la resistencia del patógeno.

El metalaxil es altamente sistémico, tiene traslocación acropétala, posiblemente por la traslocación del ingrediente activo, que inhibe la esporulación y el desarrollo de los esporangios, lo que no sucede con los productos protectantes, los cuales actúan sobre las zoosporas hasta su germinación, es decir hasta antes de penetrar al tejido. Además el metalaxil es menos susceptible de ser lavado por las lluvias.

El metalaxil afecta la síntesis del RNA ribosomal y por ende la síntesis de las proteínas y reducción del crecimiento del micelio, más que sobre las zoosporas, las cuales pueden ser controladas por un fungicida protectante como mancozeb antes de penetrar al tejido, condición que se aprovechó en Inglaterra, para mejorar el control de la goma y el control a la de *Alternaria solani*.

3.3.3 Fungicidas:

Es un indicador químico de resistencia en las plantas. Debido a su principio activo muy similar al fosfonato, permite una rápida penetración dentro del tejido vegetal y un transporte rápido en las plantas, tanto en forma ascendente como descendente. Esta clase de compuestos está representada por el Fosetil Aluminio.

Los fosfitos son considerados como fertilizantes foliares que además presentan un modo de acción propio de un fungicida permitiendo la protección del tejido de la planta. Luego de la absorción del producto este sufre un proceso de oxidación o conversión resultando en una fuente continua de ácido fosforoso (H_3PO_3). Esto fomenta un incremento de las sustancias que activan la resistencia sistémica adquirida dentro de la planta para diversos agentes patogénicos como los hongos y pseudohongos. Por este modo de acción (indirecto) se atribuye el hecho de que no se reporten casos de resistencia a los fosfitos y es improbable que esto ocurra **(Schwin y Margot, 1991; Aventis Cropscience Peru, 2000 y Quimica Suiza. 2001)**

Los fosfitos tienen una acción eficiente cuando esta dentro de la planta, estimulando las reacciones de defensa como la producción de compuestos fenólicos que forman

bandas osmófilas que rodean a la célula de penetración del pseudohongo (**Pantoja, 1994**)

Algunos resultados experimentales observados de la aplicación de fosfitos han demostrado que los tratamientos preventivos a la planta resultarían en un nivel alto de fitoalexinas, seis veces más que en condiciones normales, previniendo e inhibiendo el ataque fungoso (**Schwin y Margot, 1991 y Química Suiza 2001**). Por otra parte, los fosfitos presentan una acción fungitóxica pero con baja toxicidad y hasta toxicidad nula para plantas y animales (Química Suiza. 2001).

Los fosfitos poseen dos mecanismos de acción:

- a) Directa: el ácido fosforoso, obtenido en la célula afecta directamente en la germinación de las esporas y el desarrollo del micelio.
- b) Indirecta: una vez dentro del tejido vegetal los fosfitos inducen una mayor producción de sustancias que activan las defensas de la planta (siendo mayor que la inducida naturalmente por la planta), activando de este modo un eficiente mecanismo natural de protección, este particular mecanismo de acción refuerza la defensa natural de la planta y no da lugar a la aparición de cepas resistentes.

La doble acción de los fosfitos se lleva a cabo siempre y cuando la acción se realice previo al ataque del patógeno o en las primeras fases del desarrollo de la infección.

La eficiencia de los fosfitos resulta efectiva contra los peronosporales que atacan diversas especies, además de algunas bacterias que causan marchitamiento en el sistema radicular.

CAPITULO IV – REDES NEURONALES

Las Redes Neuronales Artificiales (RNA) están inspiradas en la biología, esto significa que están formadas por elementos que se comportan de manera análoga a las neuronas (en las funciones más elementales) y están organizadas de una forma similar a la del cerebro

4.1. Definición:

Las redes neuronales (también conocidas como sistemas conexionistas) son un modelo computacional basado en un gran conjunto de unidades neuronales simples (neuronas artificiales), de forma aproximadamente análoga, el comportamiento observado en los axones de las neuronas en los cerebros biológicos. Cada unidad neuronal está conectada con muchas otras y los enlaces entre ellas pueden incrementar o inhibir el estado de activación de las neuronas adyacentes. Cada unidad neuronal, de forma individual, opera empleando funciones de suma. Puede existir una función limitadora o umbral en cada conexión y en la propia unidad, de tal modo que la señal debe sobrepasar un límite antes de propagarse a otra neurona. Estos sistemas aprenden y se forman a sí mismos, en lugar de ser programados de forma explícita, y sobresalen en áreas donde la detección de soluciones o características es difícil de expresar con la programación convencional.

Las redes neuronales suelen consistir en varias capas o un diseño de cubo, y la ruta de la señal atraviesa de adelante hacia atrás. Propagación hacia atrás es donde se utiliza la estimulación hacia adelante o en el "frente" para restablecer los pesos de las unidades neuronales y esto a veces se realiza en combinación con una formación en la que se conoce el resultado correcto. Las redes modernas son un poco más libres en el sentido de que fluye en términos de estimulación e inhibición con conexiones que interactúan de una manera mucho más caótica y compleja. Las redes neuronales dinámicas son lo más avanzadas en que se pueden dinámicamente formar nuevas conexiones e incluso nuevas unidades neuronales.

El objetivo de la red neuronal es resolver los problemas de la misma manera que el cerebro humano, aunque varias redes neuronales son más abstractas. Los proyectos de redes neurales modernas suelen trabajar con unos pocos miles a unos pocos millones de unidades neuronales y millones de conexiones, que sigue siendo varios órdenes de magnitud menos complejo que el cerebro humano y más cercano a la potencia de cálculo de un gusano.

Nuevas investigaciones sobre el cerebro a menudo estimulan nuevos patrones en las redes neuronales. Un nuevo enfoque está utilizando conexiones que se extienden mucho más allá y capas de procesamiento de enlace en lugar de estar siempre localizado en las neuronas adyacentes. Otra investigación está estudiando los diferentes tipos de señal en el tiempo que los axones se propagan, como el aprendizaje profundo, interpola una mayor complejidad que un conjunto de variables booleanas que son simplemente encendido o apagado.

Las redes neuronales se basan en los números reales, con el valor del núcleo y del axón siendo típicamente una representación entre 0,0 y 1.

Un aspecto interesante de estos sistemas es que son impredecibles en su éxito con el auto-aprendizaje. Después del entrenamiento, algunos se convierten en grandes solucionadores de problemas y otros no funcionan tan bien. Con el fin de capacitarlos, se necesitan varios miles de ciclos de iteración.

Las redes neuronales se han utilizado para resolver una amplia variedad de tareas, como la visión por computador y el reconocimiento de voz, que son difíciles de resolver usando la ordinaria programación basado en reglas.

Históricamente, el uso de modelos de redes neuronales marcó un cambio de dirección a finales de los años ochenta de alto nivel, que se caracteriza por sistemas expertos con conocimiento incorporado en si-entonces las reglas, a bajo nivel de aprendizaje automático, caracterizado por el conocimiento incorporado en los parámetros de un modelo cognitivo con algún sistema dinámico

4.2 Características:

Las características fundamentales de las RNA son:

4.2.1 Aprenden de la experiencia: Las RNA pueden modificar su comportamiento como respuesta a su entorno. Dado un conjunto de entradas (quizá con las salidas deseadas), las RNA se ajustan para producir respuestas consistentes. Una amplia variedad de algoritmos de entrenamiento se han desarrollado, cada uno con sus propias ventajas e inconvenientes.

4.2.2. Generalizan de ejemplos anteriores a los ejemplos nuevos:

Una vez que la RNA esté entrenada, la respuesta de la red puede ser, hasta un cierto punto, insensible a pequeñas variaciones en las entradas, lo que las hace idóneas para el reconocimiento de patrones.

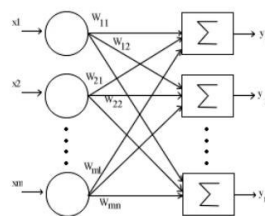
4.2.3. Abstracción de la esencia de las entradas:

Algunas RNA son capaces de abstraer información de un conjunto de entradas. Por ejemplo, en el caso de reconocimiento de patrones, una red puede ser entrenada en una secuencia de patrones distorsionados de una letra. Una vez que la red sea correctamente entrenada será capaz de producir un resultado correcto ante una

entrada distorsionada, lo que significa que ha sido capaz de aprender algo que nunca había visto.

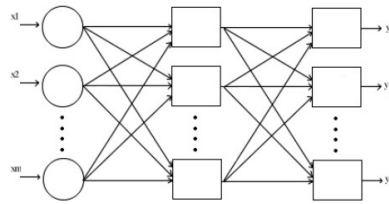
4.3 Redes de capa simple

A pesar de que una sola neurona puede realizar modelos simples de funciones, su mayor productividad viene dada cuando se organizan en redes. La red más simple es la formada por un conjunto de perceptrones a los que entra un patrón de entradas y proporcionan la salida correspondiente. Por cada perceptrón que tengamos en la red vamos a tener una salida, que se hallará como se hacía con un perceptrón solo, haciendo el sumatorio de todas las entradas multiplicadas por los pesos. Al representar gráficamente una red, se añade una "capa" inicial que no es contabilizada a efectos de computación, sólo sirve para distribuir las entradas entre los perceptrones. La denominaremos la capa 0. De esta manera, la representación gráfica de una red de capa simple sería la siguiente:



4.4. Redes multicapa

Las redes multicapa se forman por un conjunto de redes de capa simple en cascada unidas por pesos, donde la salida de una capa es la entrada de la siguiente capa. Generalmente son capaces de aprender funciones que una red de capa simple no puede aprender, por lo que ofrecen mejores capacidades computacionales. Para que este incremento en poder computacional sea tal, tiene que existir una función de activación no lineal entre las capas, por lo que generalmente se utilizará una función de activación sigmoidea en detrimento de la lineal o umbral. Para calcular la salida de una red multicapa se debe hacer de la misma manera que en las redes de capa simple, teniendo en cuenta que las salidas de una capa son las entradas de la siguiente capa.:



4.5. Redes recurrentes: Las redes consideradas hasta ahora no tienen conexiones entre pesos de la salida de una capa a la entrada de la misma capa o anteriores. Las redes que poseen esta característica son conocidas como redes recurrentes. Las redes recurrentes no tienen memoria, es decir, la salida solamente está determinada por las entradas y los pesos. Las capas recurrentes redireccionan previas salidas a entradas. Su salida es determinada por su entrada y sus salidas previas, por lo que se puede asemejar a la memoria a corto plazo de los seres humanos.

4.6 Red de Kohonen

Pertenece a la categoría de las redes competitivas o mapas de auto organización, es decir, con aprendizaje no supervisado de tipo competitivo. Poseen una arquitectura de dos capas (entrada-salida) (una sola capa de conexiones), funciones de activación lineales y flujo de información unidireccional (son redes en cascada). Las unidades de entrada reciben datos continuos normalizados, se normalizan así mismo los pesos de las conexiones con la capa de salida. Tras el aprendizaje de la red, cada patrón de entrada activará una única unidad de salida. En algunos modelos cada entrada puede provocar la activación de un conjunto de unidades de salida, en ese caso estaríamos usando un código demográfico

El objetivo de este tipo de redes es clasificar los patrones de entrada en grupos de características similares, de manera que cada grupo activará siempre las mismas salidas. Cada grupo de entradas queda representado en los pesos de las conexiones de la unidad de salida triunfante. La unidad de salida ganadora para cada grupo de entradas no se conoce a priori, es necesario averiguarlo después de entrenar a la red.

Una de las cualidades de este tipo de redes es la incorporación a la regla de aprendizaje de cierto grado de sensibilidad con respecto al vecindario o historia. Esto hace que el número de neuronas que no aprenden desaparezca, aumentando así su capacidad de extraer o mapear características topológicas de los datos.

La red mapea el espacio de entrada hacia un espacio de salida con cierto orden topológico, Kohonen propone un método para que este orden se conserve al entrenar la red, la clave está en reducir el tamaño del vecindario de la unidad ganadora en cada iteración.

Un concepto muy importante en la red de Kohonen es la zona de vecindad, o vecindario alrededor de la neurona vencedora i^* , los pesos de las neuronas que se encuentren en esta zona a la que se le dará el nombre de $X(q)$, serán actualizados junto con el peso de la neurona ganadora, en un ejemplo de aprendizaje cooperativo.

El algoritmo de aprendizaje utilizado para establecer los valores de los pesos de las conexiones entre las N neuronas de entrada y las M de salida es el siguiente:

1. En primer lugar se inicializan los pesos (w_{ij}) con valores aleatorios pequeños y se fija la zona inicial de vecindad entre las neuronas de salida.
2. A continuación se presenta a la red una información de entrada (la que debe aprender) en forma de vector $\mathbf{p} = (p_1, p_2, \dots, p_n)$, cuyas componentes p_i serán valores continuos.
3. Puesto que se trata de un aprendizaje competitivo, se determina la neurona vencedora de la capa de salida, esta será aquella i cuyo vector de pesos \mathbf{w}_i (vector cuyas componentes son los valores de los pesos de las conexiones entre esa neurona y cada una de las neuronas de la capa de entrada) sea el más parecido a la información de entrada \mathbf{p} (patrón o vector de entrada). Para ello se calculan las distancias o diferencias entre ambos vectores, considerando una por una todas las neuronas de salida, suele utilizarse la distancia euclídea o la siguiente expresión que es similar a aquella, pero eliminando la raíz cuadrada:

$$d_i = \sum_{j=1}^N (p_j - w_{ij})^2 \quad 1 \leq i \leq M$$

p_j : Componente i -ésimo del vector de entrada
 w_{ij} : Peso de la conexión entre la neurona j de la capa de entrada y la neurona i de la capa de salida.

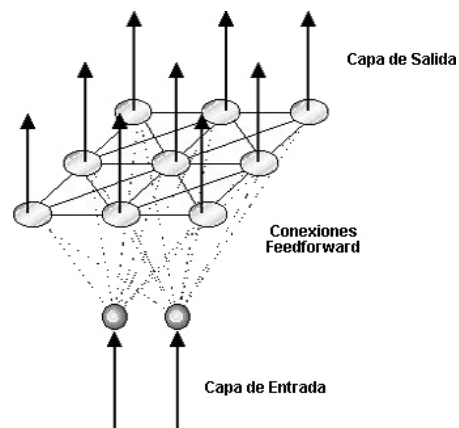


Figura . Conexiones de una red de Kohonen

Una vez localizada la neurona vencedora (i^*), se actualizan los pesos de las conexiones entre las neuronas de entrada y dicha neurona, así como los de las conexiones entre las de entrada y las neuronas vecinas de la vencedora, en realidad lo que se consigue con esto es asociar la información de entrada con una cierta zona de la capa de salida. Esto se realiza mediante la siguiente ecuación

$$w_i(q) = w_i(q-1) + \alpha(q)(p(q) - w_i(q-1)) \text{ para } i \in X(q)$$

El tamaño de $X(q)$ se puede reducir en cada iteración del proceso de ajuste de los pesos, con lo que el conjunto de neuronas que pueden considerarse vecinas cada vez es menor, sin embargo en la práctica es habitual considerar una zona fija en todo el proceso de entrenamiento de la red.

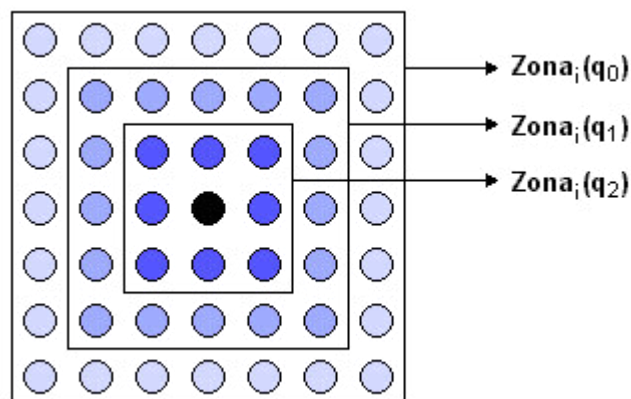


Figura Posible evolución de la vecindad en una red de Kohonen

El término $\alpha(q)$ es el coeficiente de aprendizaje o parámetro de ganancia, con un valor entre 0 y 1 el cual decrece con el número de iteraciones (q) del proceso de entrenamiento, de tal forma que cuando

se ha presentado un gran número de veces todo el juego de patrones de aprendizaje su valor es prácticamente nulo, con lo que la modificación de los pesos es insignificante.

Para hallar α suele utilizarse una de las siguientes expresiones:

$$\alpha(q) = \frac{1}{q} \quad \alpha(q) = \alpha_1 \left(1 - \frac{q}{\alpha_2} \right) \quad (2.5.3)$$

Siendo $\alpha=1$ un valor de 0.1 ó 0.2 y un valor $\alpha=2$ próximo al número total de iteraciones del aprendizaje, que por lo general se toma como 10000 para esta red.

El proceso debe repetirse, volviendo a presentar todo el juego de patrones de aprendizaje p_1, p_2, \dots, p_n hasta obtener la salida deseada.

Como la regla Instar, la regla de Kohonen habilita a los pesos de una neurona a aprender un vector de entrada y de esta forma resolver aplicaciones de reconocimiento de patrones. A diferencia de la regla Instar, el aprendizaje no es proporcional a la salida de la neurona $a_i(q)$, en lugar de ello el aprendizaje ocurre cuando la neurona i sea miembro del conjunto $X(q)$, si la regla Instar es aplicada a una capa de neuronas cuya función de transferencia solamente retorna valores de 0 o 1 (por ejemplo hardlim), la regla de Kohonen es equivalente a la regla Instar.

En definitiva lo que hace una red de Kohonen es realizar una tarea de clasificación, puesto que la neurona de salida activada ante una entrada representa la clase a la que pertenece dicha información de entrada, además ante otra entrada parecida se activa la misma neurona de salida, u otra cercana a la anterior debido a la semejanza entre las clases, así se garantiza que las neuronas topológicamente próximas sean sensibles a entradas físicamente similares; por esta causa la red es especialmente útil para establecer relaciones desconocidas previamente entre conjuntos de datos.

CAPITULO V - MÉTODO

Para realizar el estudio se elaboró un plan de trabajo con de las siguientes etapas:

1.- Organización de datos

2.- Construcción de la Red Kohonen LVQ:

- Primera Etapa: Tamaño de la planta vs diámetro de la planta al inicio y al final del experimento
- Segunda Etapa: Tamaño de la planta vs raíz al inicio y al final del experimento
- Tercera Etapa Etapa:
 - ✓ peso fresco del follaje
 - ✓ peso seco del follaje
 - ✓ peso fresco de la raíz
 - ✓ peso seco de la raíz

5.1 Organización de los datos recolectados

- ✓ Se registró la información para analizar el comportamiento del tamaño, la raíz y el diámetro de las plántulas en Plas diferentes tomas de tiempos.
- ✓ Se registró información del peso fresco y seco del follaje.
- ✓ Además se registró información del peso seco y fresco de la raíz

5.2 Construcción de la red de Kohonen LVQ

5.2.1 Primera Etapa: Tamaño de la planta y Tamaño del Diámetro

- ✓ Se hizo en la red kohonen los datos del tamaño de la planta y el diámetro de la planta al inicio del experimento, se espera que todos los elementos formen un solo clusters.
- ✓ Se hizo en la red kohonen los datos del tamaño de la planta y diámetro de la planta al final del experimento, se espera que los fosfitos se diferencien de los fungicidas

5.2.2 Segunda etapa: Peso fresco foliar y peso fresco radicular.

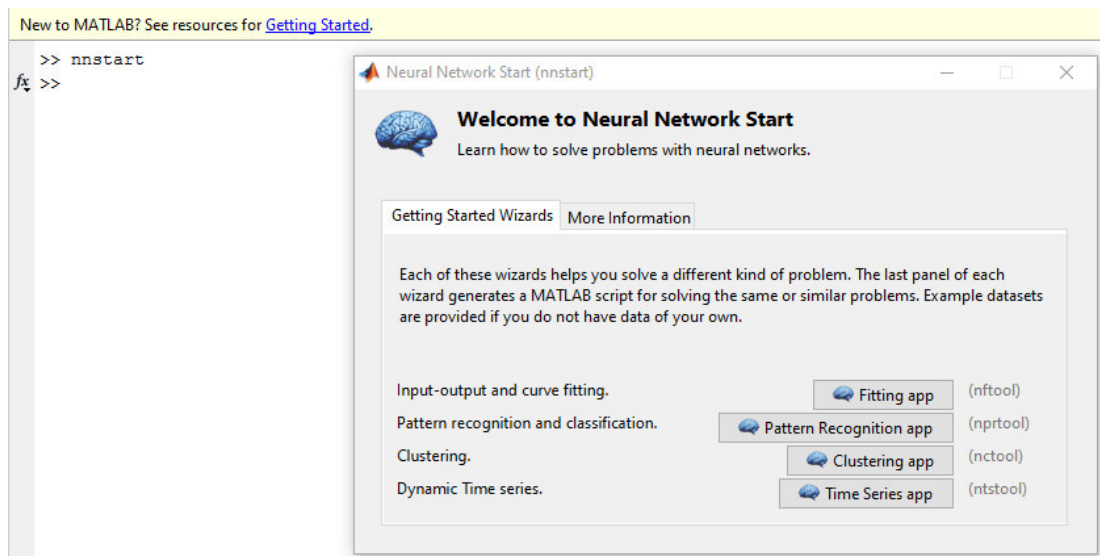
- ✓ Se hizo en la red kohonen los datos del peso fresco foliar y peso fresco radicular al inicio del experimento, se espera que todos los elementos formen un solo clusters.
- ✓ Se hizo en la red kohonen los datos Peso fresco foliar y peso fresco radicular final del experimento, se espera que los fosfitos se diferencien de los fungicidas

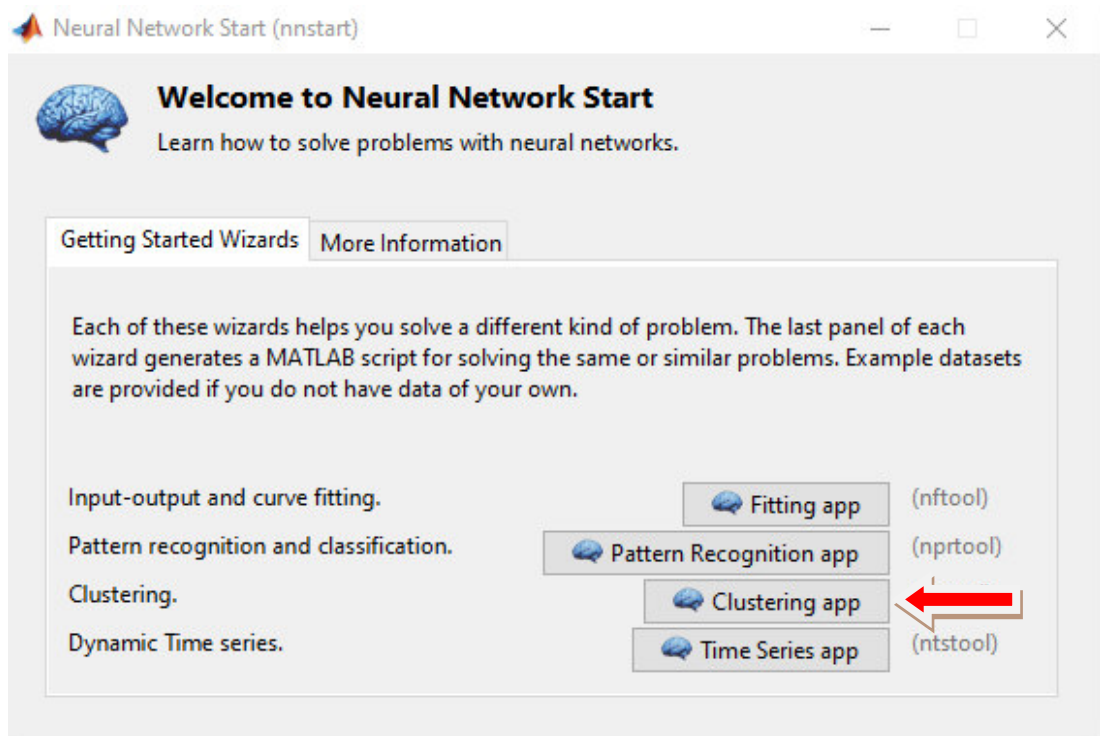
5.2.3 Tercera etapa: Peso seco foliar y peso seco radicular.

- ✓ Se hizo en la red kohonen los datos del peso seco foliar y peso seco radicular al inicio del experimento, se espera que todos los elementos formen un solo clusters.
- ✓ Se hizo en la red kohonen los datos Peso seco foliar y peso seco radicular final del experimento, se espera que los fosfitos se diferencien de los fungicidas

CAPITULO VI – IMPLANTACION DE LA SOLUCION

Inteligencia Artificial en Matlab





En los problemas de agrupación, desea que una red neuronal agrupe datos por similitud. Por ejemplo: segmentación del mercado mediante la agrupación de personas según sus patrones de compra; La minería de datos puede hacerse dividiendo los datos en subconjuntos relacionados; O análisis bioinformáticas tales como agrupar genes con patrones de expresión relacionados.

La aplicación Neural Clustering le ayudará a seleccionar datos, crear y entrenar una red y evaluar su rendimiento utilizando una variedad de herramientas de visualización.

Neural Clustering (nctool)

Welcome to the Neural Clustering app.

Solve a clustering problem with a self-organizing map (SOM) network.

Introduction

In clustering problems, you want a neural network to group data by similarity.

For example: market segmentation done by grouping people according to their buying patterns; data mining can be done by partitioning data into related subsets; or bioinformatic analysis such as grouping genes with related expression patterns.

The Neural Clustering app will help you select data, create and train a network, and evaluate its performance using a variety of visualization tools.

Neural Network

A self-organizing map (`selforgmap`) consists of a competitive layer which can classify a dataset of vectors with any number of dimensions into as many classes as the layer has neurons. The neurons are arranged in a 2D topology, which allows the layer to form a representation of the distribution and a two-dimensional approximation of the topology of the dataset.

The network is trained with the SOM batch algorithm (`trainbu`, `learnsomb`).

To continue, click [Next].

Neural Network Start Welcome Back Next Cancel

Neural Clustering (nctool)

Select Data

What inputs define your clustering problem?

Get Data from Workspace

Input data to be clustered.

Inputs: (none) ...

Samples are: ☒ Matrix columns ☐ Matrix rows

Want to try out this tool with an example data set?

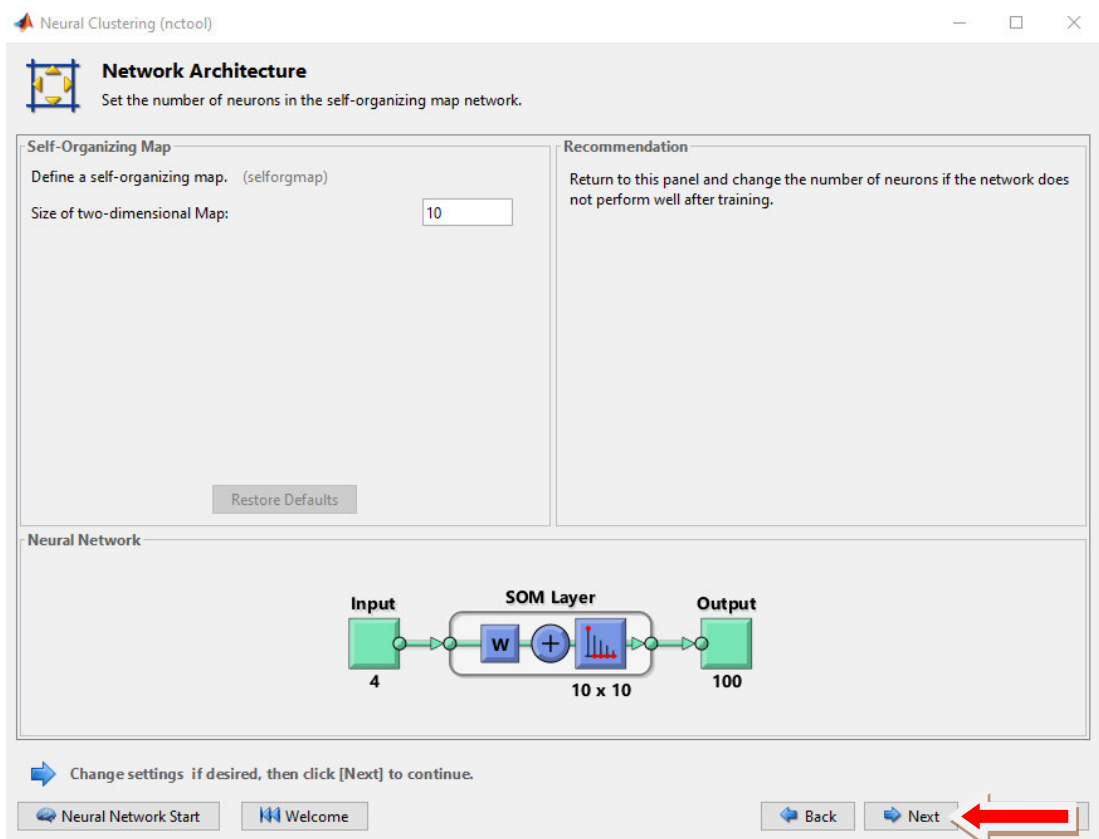
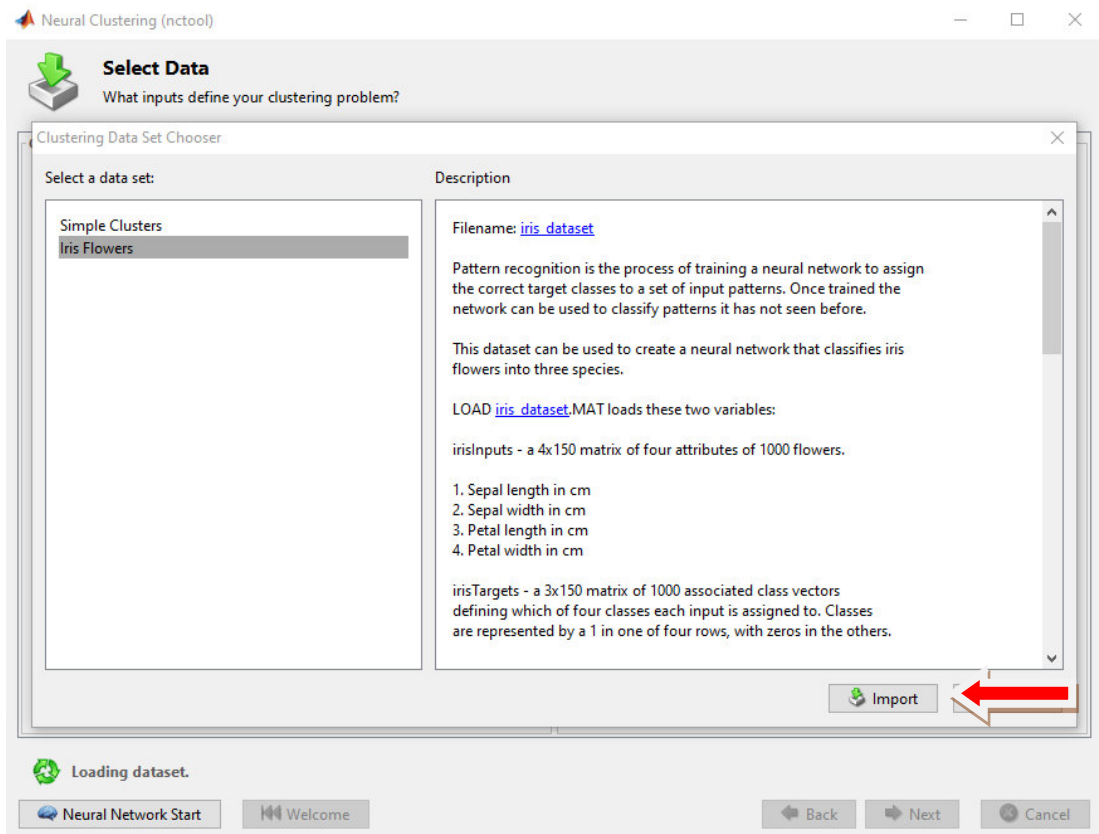
Load Example Data Set

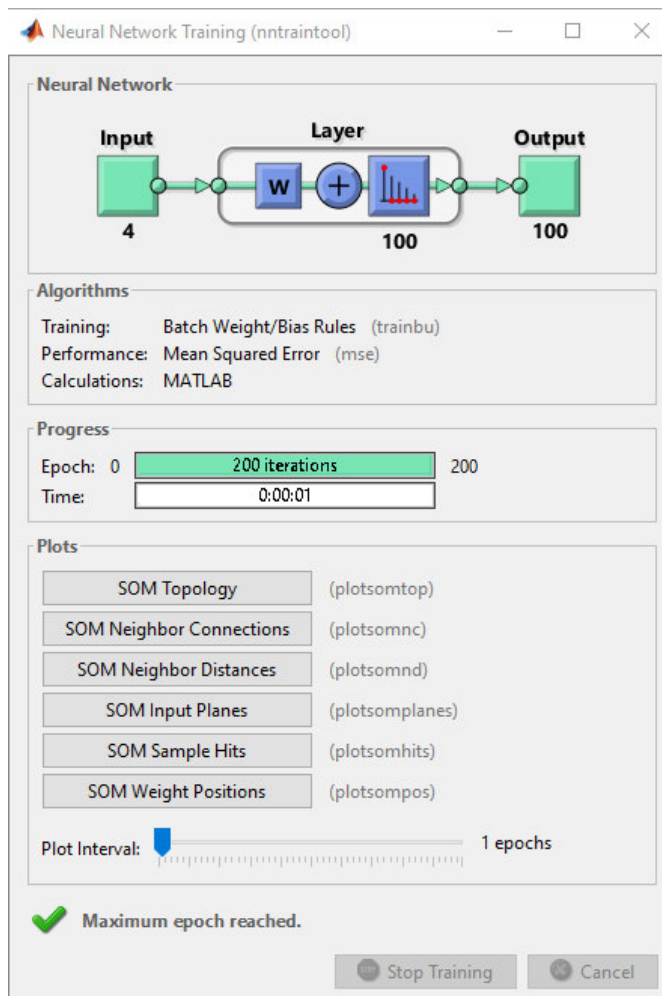
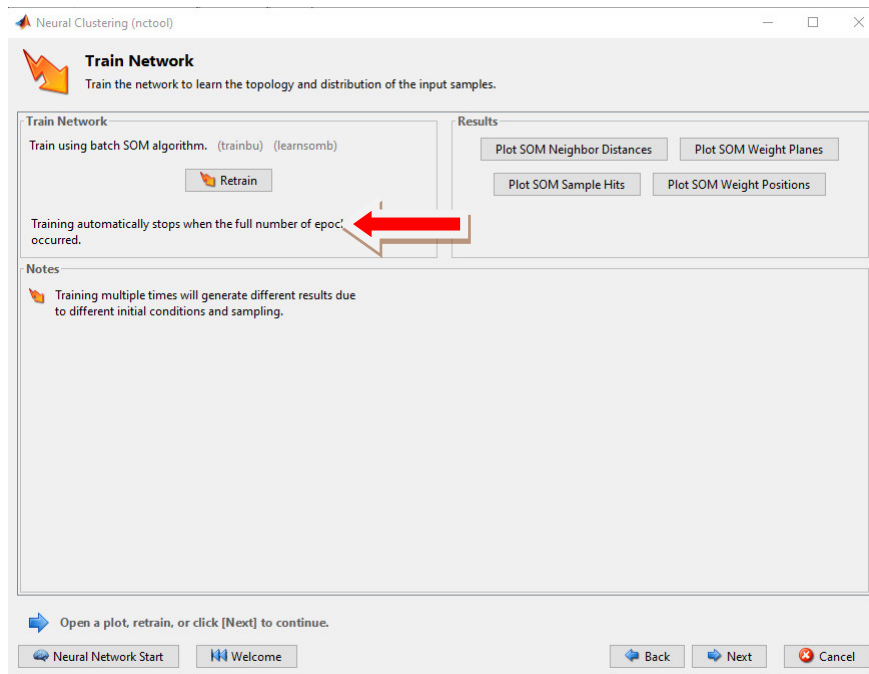
Summary

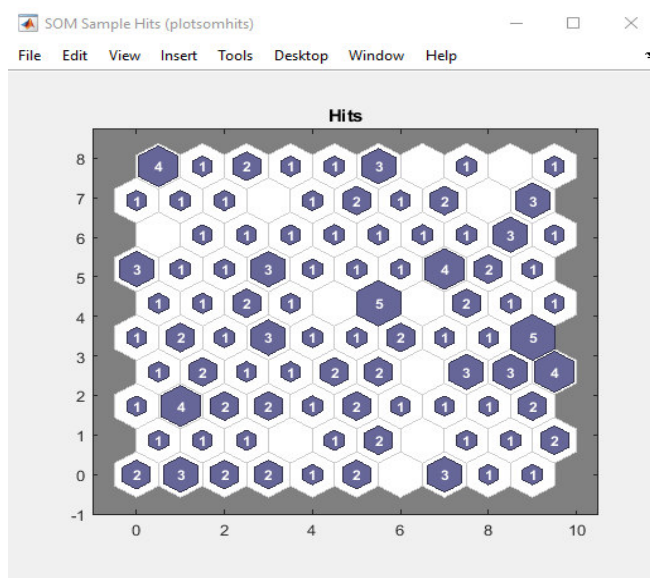
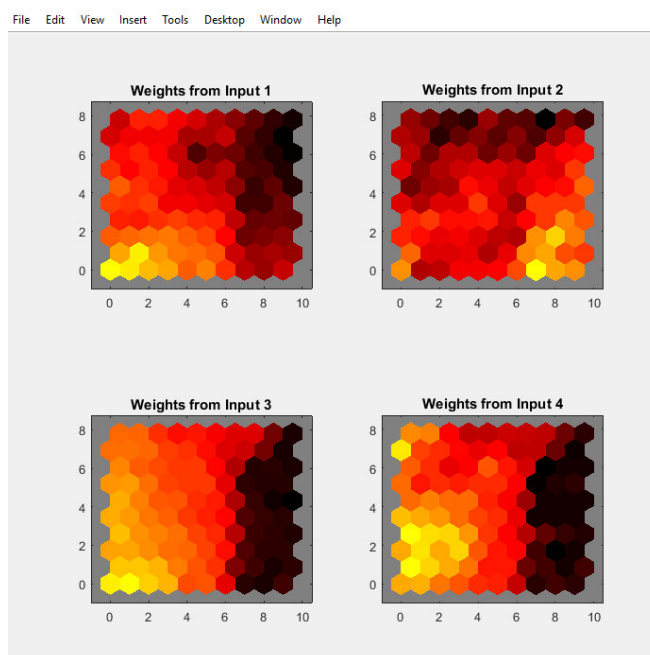
No inputs selected.

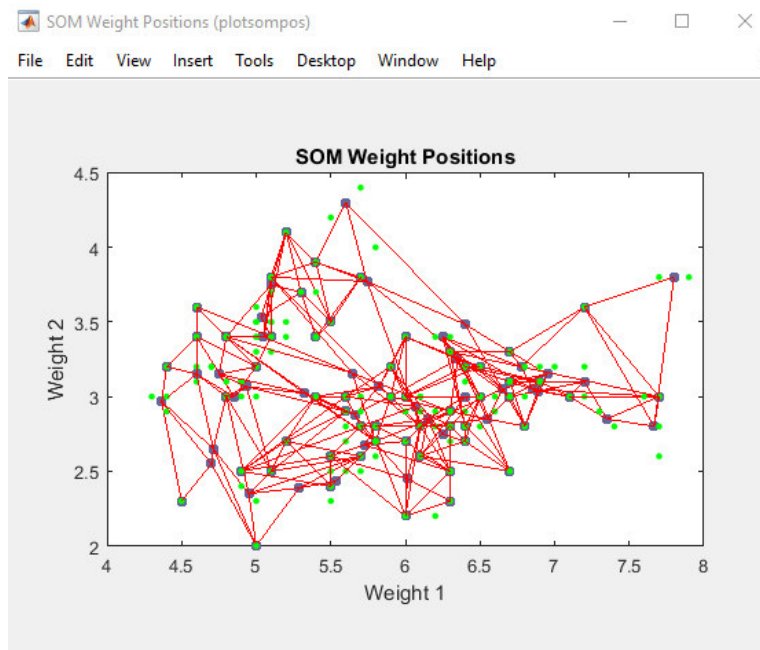
Select inputs, then click [Next].

Neural Network Start Welcome Back Next Cancel









Neural Clustering (nctool)

Evaluate Network

Optionally test network on more data, then decide if network performance is good enough.

Iterate for improved performance

Try training again if a first try did not generate good results or you require marginal improvement.

Increase network size if retraining did not help.

Not working? You may need to use a larger data set.

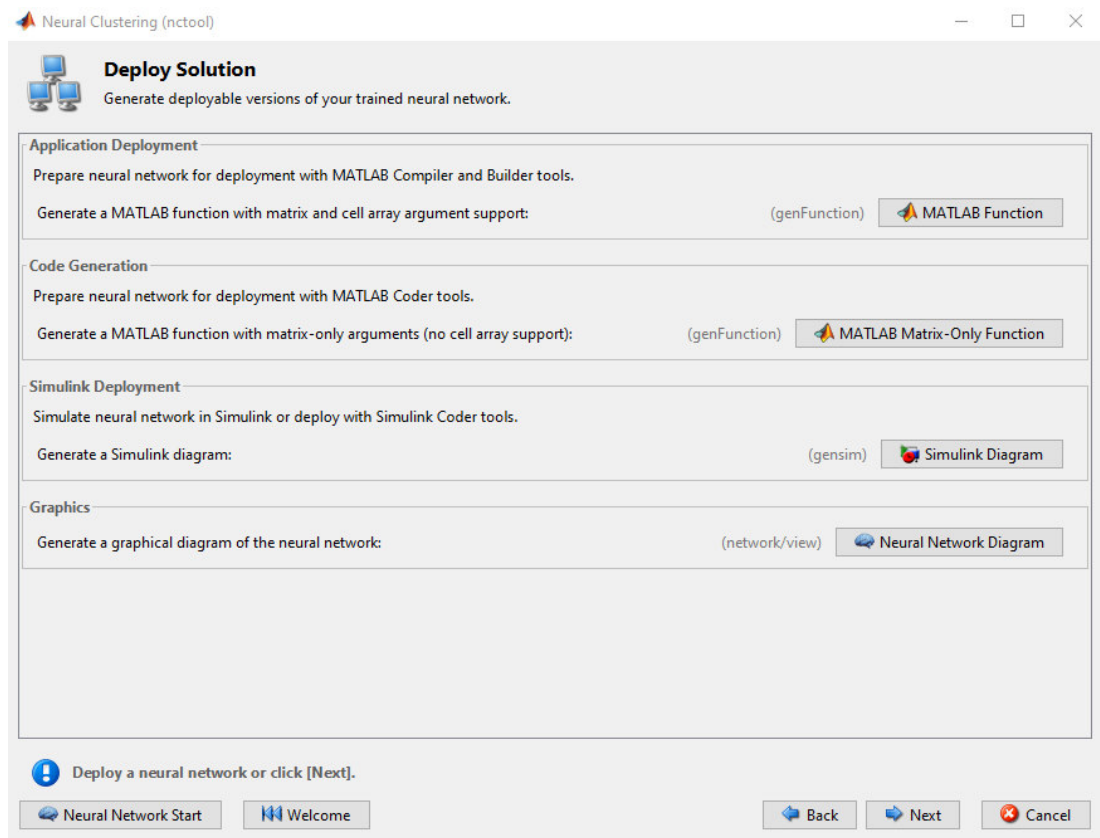
Optionally perform additional tests

Inputs: (none)

Samples are: ☒ Matrix columns ☐ Matrix rows

No inputs selected.

Select inputs, click an improvement button, or click [Next].



Generacion de Codigo fuente

```
function [Y,Xf,Af] = myNeuralNetworkFunction(X,~,~)
%MYNEURALNETWORKFUNCTION neural network simulation function.
%
% Generated by Neural Network Toolbox function genFunction, 21-Aug-
2017 01:39:50.
%
% [Y] = myNeuralNetworkFunction(X,~,~) takes these arguments:
%
%   X = 1xTS cell, 1 inputs over TS timesteps
%   Each X{1,ts} = 4xQ matrix, input #1 at timestep ts.
%
% and returns:
%
%   Y = 1xTS cell of 1 outputs over TS timesteps.
%   Each Y{1,ts} = 100xQ matrix, output #1 at timestep ts.
%
% where Q is number of samples (or series) and TS is the number of
timesteps.

%#ok<*RPMT0>

% ===== NEURAL NETWORK CONSTANTS =====

% Layer 1
IW1_1 = [7.8000000000000007 3.7999999999999998 6.5500000000000007
2.1000000000000001;7.6666666666666661 2.7999999999999998
6.7333333333333334 2.1333333333333333;7.3499999999999996
2.8499999999999996 6.1999999999999993
1.8500000000000001;7.2000000000000002 3.1000000000000001
5.9000000000000004 1.7000000000000002;6.7000000000000002
```


3.1000000000000001 4.7000000000000002 1.5;6.9500000000000002
3.1500000000000004 4.8000000000000007 1.45;6.4000000000000004
3.4833333333333334 3.5833333333333333
1.0333333333333332;5.5999999999999996 4.3000000000000007 1.45
0.3000000000000004;5.4000000000000004 3.8999999999999999 1.3
0.4000000000000002;5.7000000000000002 3.7999999999999998 1.7
0.2999999999999999;7.2000000000000002 3.6000000000000001
6.0999999999999996 2.5;7.7000000000000002 3 6.0999999999999996
2.2999999999999998;7.0999999999999996 3 5.9000000000000004
2.1000000000000001;6.8875000000000002 3.0375000000000005
5.2500000000000009 1.8374999999999999;6.7999999999999998
2.7999999999999998 4.7999999999999998
1.3999999999999999;6.6500000000000004 3.0499999999999998
4.4000000000000004 1.3999999999999999;5.7428571428571429
3.7714285714285705 2.4285714285714284
0.5999999999999998;5.4000000000000004 3.8999999999999999 1.7
0.4000000000000002;5.5 3.5 1.3
0.2000000000000001;5.4000000000000004 3.3999999999999999 1.5
0.4000000000000002;6.7000000000000002 3.2999999999999998
5.7000000000000002 2.1000000000000001;6.7750000000000004
3.2000000000000002 5.7250000000000005 2.375;6.8499999999999996
3.0499999999999998 5.4500000000000002
2.1000000000000001;6.9000000000000004 3.1000000000000001
5.0999999999999996 2.2999999999999998;6.7000000000000002 3 5
1.7;6.5499999999999998 2.8499999999999996 4.5999999999999996
1.3999999999999999;6.0999999999999996 2.7999999999999998 4
1.3;5.0999999999999996 3.7999999999999998 1.8999999999999999
0.4000000000000002;5.2000000000000002 4.0999999999999996 1.5
0.1000000000000001;5.2999999999999998 3.7000000000000002 1.5
0.2000000000000001;6.2999999999999998 3.2999999999999998 6 2.5;6.25
3.3999999999999999 5.5 2.3499999999999996;6.4000000000000004
3.2000000000000002 5.2999999999999998 2.2999999999999998;6.5
3.2000000000000002 5.0999999999999996 2;6.3499999999999996 3.25
4.5999999999999996 1.55;6.3000000000000007 2.8999999999999999
4.2999999999999998 1.3;5.6428571428571423 3.1571428571428566
3.0571428571428569 0.95714285714285718;5.0499999999999998
3.3999999999999999 1.6499999999999999
0.5500000000000004;5.0999999999999996 3.75 1.5
0.3499999999999998;5.0333333333333332 3.5333333333333328
1.3666666666666667 0.2666666666666666;6.5 3 5.7999999999999998
2.2000000000000002;6.4000000000000004 2.7999999999999998
5.5999999999999996 2.1000000000000001;6.5 3 5.2000000000000002 2;6 3
4.9333333333333336 1.7999999999999998;6 3.3999999999999999 4.5
1.6000000000000001;5.9000000000000004 3 4.2000000000000002
1.5;5.7999999999999998 2.7000000000000002 3.8999999999999999
1.2;4.7999999999999998 3.3999999999999999 1.8999999999999999
0.2000000000000001;4.7999999999999998 3.3999999999999999
1.6000000000000001 0.2000000000000001;5.0999999999999996
3.4000000000000004 1.4600000000000002
0.2000000000000004;6.7000000000000002 2.5 5.7999999999999998
1.8;6.4000000000000004 2.7000000000000002 5.2999999999999998
1.8999999999999999;6.25 2.75 4.8499999999999996
1.8;5.9000000000000004 3.2000000000000002 4.7999999999999998
1.8;5.8222222222222211 3.0666666666666664 4.3666666666666671
1.4555555555555553;5.6600000000000001 2.8800000000000003
4.1600000000000001 1.28;5.3222222222222211 3.022222222222221
2.9666666666666668 0.8333333333333326;4.75 3.1500000000000004
1.6000000000000001 0.2000000000000001;5 3.2000000000000002 1.2
0.2000000000000001;4.5999999999999996 3.6000000000000001 1
0.2000000000000001;6.3999999999999998 3 5.533333333333332
1.7999999999999998;6.0999999999999996 2.6000000000000001


```

5.5999999999999996 1.3999999999999999;6.2999999999999998
2.7999999999999998 5.0999999999999996 1.5;6.0666666666666664
2.9333333333333331 4.5999999999999996
1.4333333333333331;5.5999999999999996 3 4.5 1.5;5.4000000000000004 3
4.5 1.5;5.5999999999999996 2.8999999999999999 3.6000000000000001
1.3;4.9333333333333336 3.0666666666666664 1.5333333333333332
0.1333333333333333;4.8499999999999996 3 1.3999999999999999
0.25;4.5999999999999996 3.3999999999999999 1.3999999999999999
0.2999999999999999;6.1499999999999995 2.8499999999999996
5.3666666666666671 1.7333333333333334;6.2999999999999998 2.5
4.9000000000000004 1.5;6.0999999999999996 2.7999999999999998
4.7000000000000002 1.2;5.7000000000000002 2.7999999999999998 4.5
1.3;4.9000000000000004 2.5 4.5 1.7;5.2000000000000002
2.7000000000000002 3.8999999999999999
1.3999999999999999;5.0999999999999996 2.5 3
1.1000000000000001;4.7999999999999998 3 1.3999999999999999
0.1000000000000001;4.5999999999999996 3.1500000000000004 1.45
0.2000000000000001;4.4000000000000004 3.2000000000000002 1.3
0.2000000000000001;5.7999999999999998 2.7999999999999998
5.0999999999999996 2.3999999999999999;6 2.7000000000000002
5.0999999999999996 1.6000000000000001;6 2.2000000000000002 5
1.5;6.0124999999999993 2.4500000000000002 4.5499999999999998
1.3125;5.5 2.6000000000000001 4.4000000000000004 1.2;5.5
2.3999999999999999 4 1.3;5.7000000000000002 2.6000000000000001 3.5
1;4.9500000000000002 2.3499999999999996 3.2999999999999998
1;4.7125000000000004 2.6499999999999999 2.2999999999999998
0.6000000000000000;4.3666666666666671 2.9666666666666668
1.2666666666666666 0.1666666666666669;5.7250000000000005
2.6749999999999998 5.0250000000000004
1.9500000000000002;6.2999999999999998 2.5 5
1.8999999999999999;6.2999999999999998 2.2999999999999998
4.4000000000000004 1.3;6 2.2000000000000002 4 1;5.7999999999999998
2.7000000000000002 4.0999999999999996 1;5.5333333333333332
2.4333333333333331 3.7999999999999998
1.0666666666666667;5.2875000000000005 2.3875000000000002 3.5
1.0374999999999999;5 2 3.5 1;4.7000000000000002 2.5499999999999998
2.2749999999999999 0.6125000000000004;4.5 2.2999999999999998 1.3
0.2999999999999999];

```

```

% ===== SIMULATION =====

```

```

% Format Input Arguments

```

```

isCellX = iscell(X);
if ~isCellX, X = {X}; end;

```

```

% Dimensions

```

```

TS = size(X,2); % timesteps

```

```

% Allocate Outputs

```

```

Y = cell(1,TS);

```

```

% Time loop

```

```

for ts=1:TS

```

```

    % Input 1

```

```

    % no processing

```

```

    % Layer 1

```

```

    z1 = negdist_apply(IW1_1,X{1,ts});

```

```

    a1 = compet_apply(z1);

```

```

        % Output 1
        Y{1,ts} = a1;
    end

    % Final Delay States
    Xf = cell(1,0);
    Af = cell(1,0);

    % Format Output Arguments
    if ~isCellX, Y = cell2mat(Y); end
end

% ===== MODULE FUNCTIONS =====

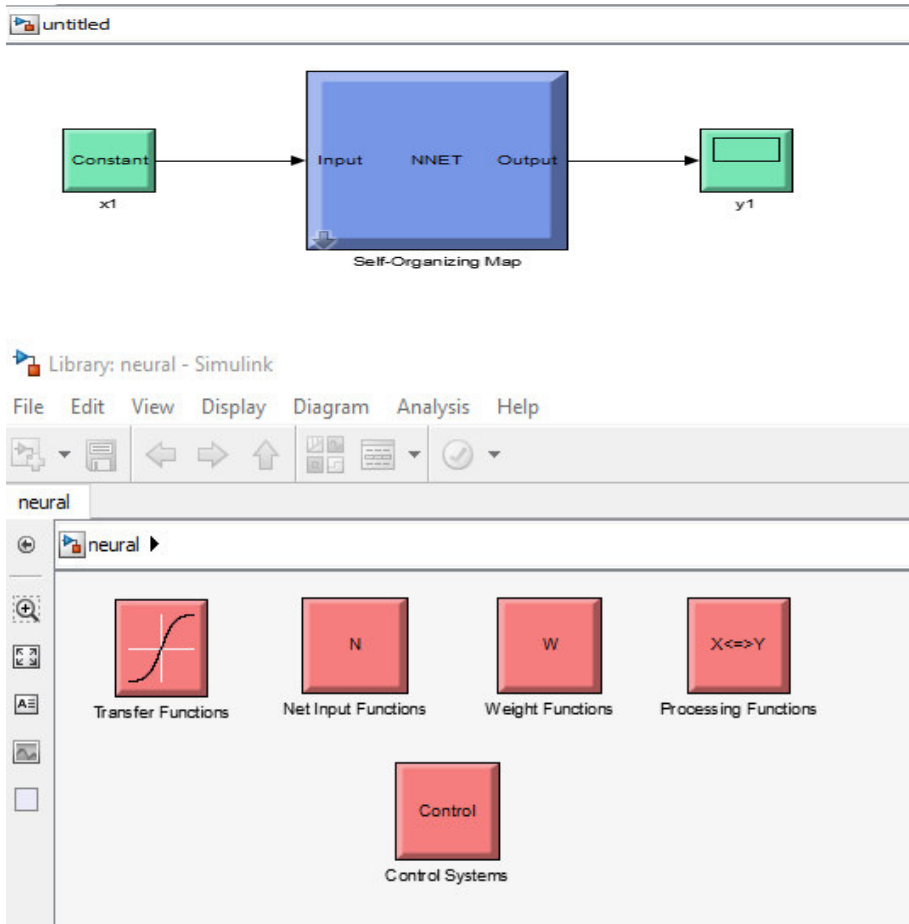
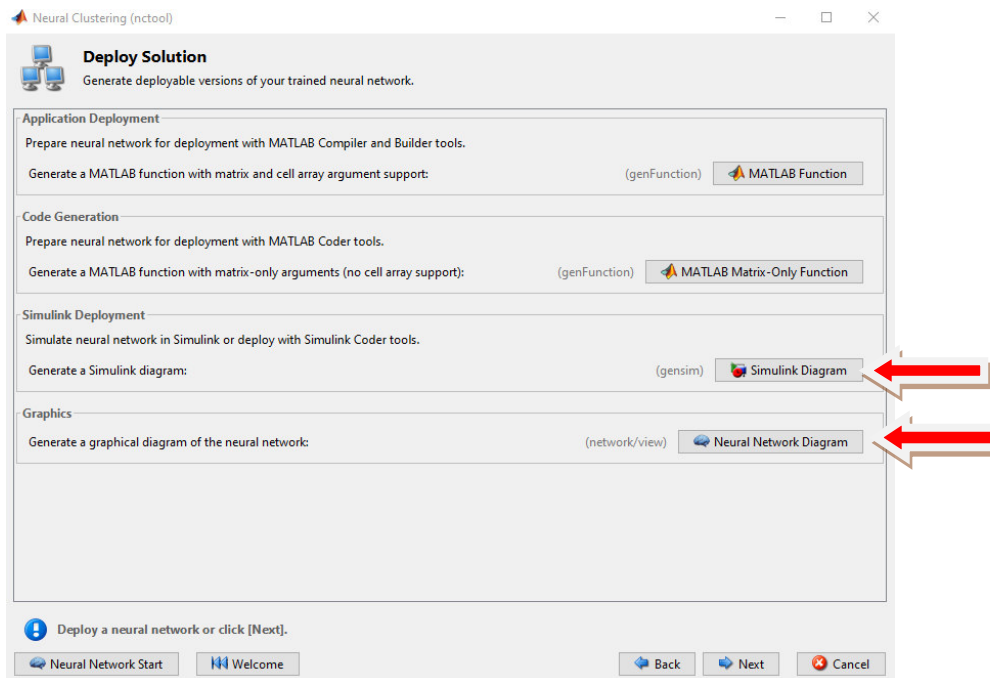
% Negative Distance Weight Function
function z = negdist_apply(w,p)
S = size(w,1);
Q = size(p,2);
z = zeros(S,Q);
if (Q<S)
    p = p';
    for q=1:Q
        z(:,q) = sum(bsxfun(@minus,w,p(q,:)).^2,2);
    end
else
    w = w';
    for i=1:S
        z(i,:) = sum(bsxfun(@minus,w(:,i),p).^2,1);
    end
end
z = -sqrt(z);
end

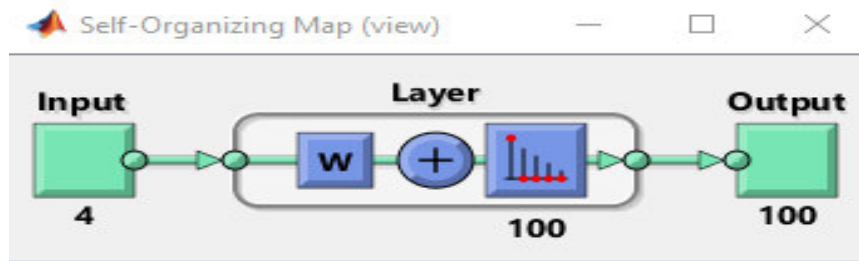
% Competitive Transfer Function
function a = compet_apply(n)
if isempty(n)
    a = n;
else
    [S,Q] = size(n);
    nanInd = any(isnan(n),1);

    a = zeros(S,Q);
    [~,rows] = max(n,[],1);
    onesInd = rows + S*(0:(Q-1));
    a(onesInd) = 1;

    a(:,nanInd) = NaN;
end
end

```





Neural Clustering (nctool)

Save Results

Generate MATLAB scripts, save results and generate diagrams.

Generate Scripts

Recommended >> Use these scripts to reproduce results and solve similar problems.

Generate a script to train and test a neural network as you just did with this tool:

Generate a script with additional options and example code:

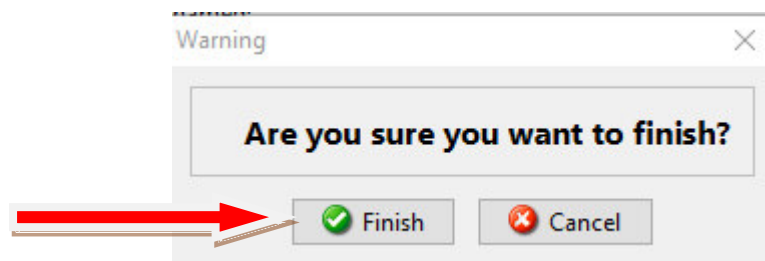
Save Data to Workspace

- ☒ Save network to MATLAB network object named:
- ☒ Save outputs to MATLAB matrix named:
- ☐ Save inputs to MATLAB matrix named:
- ☐ Save ALL selected values above to MATLAB struct named:

[Restore Defaults](#) [Save Results](#)

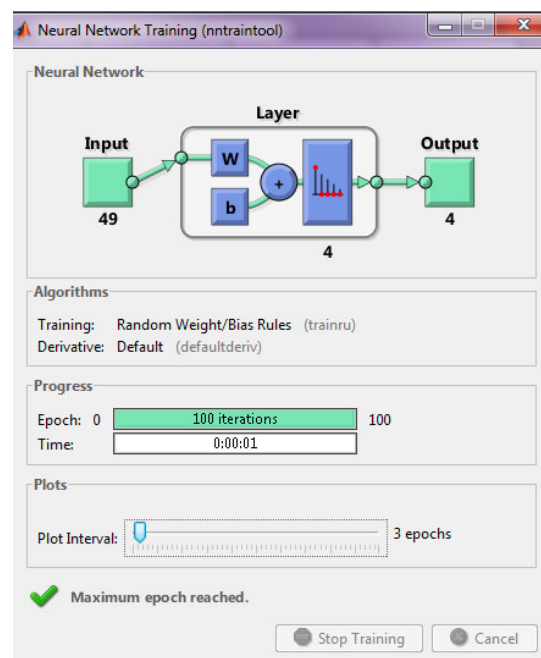
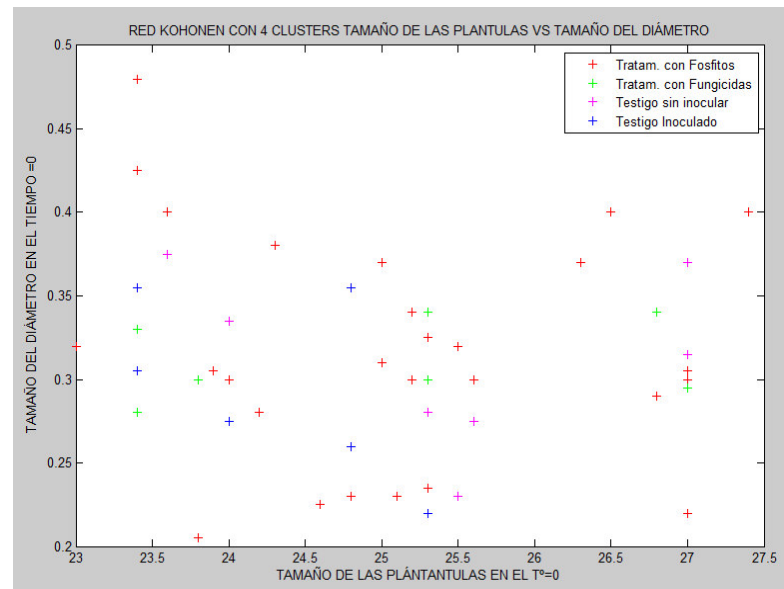
Save results and click [Finish].

[Neural Network Start](#) [Welcome](#) [Back](#) [Next](#) [Finish](#)

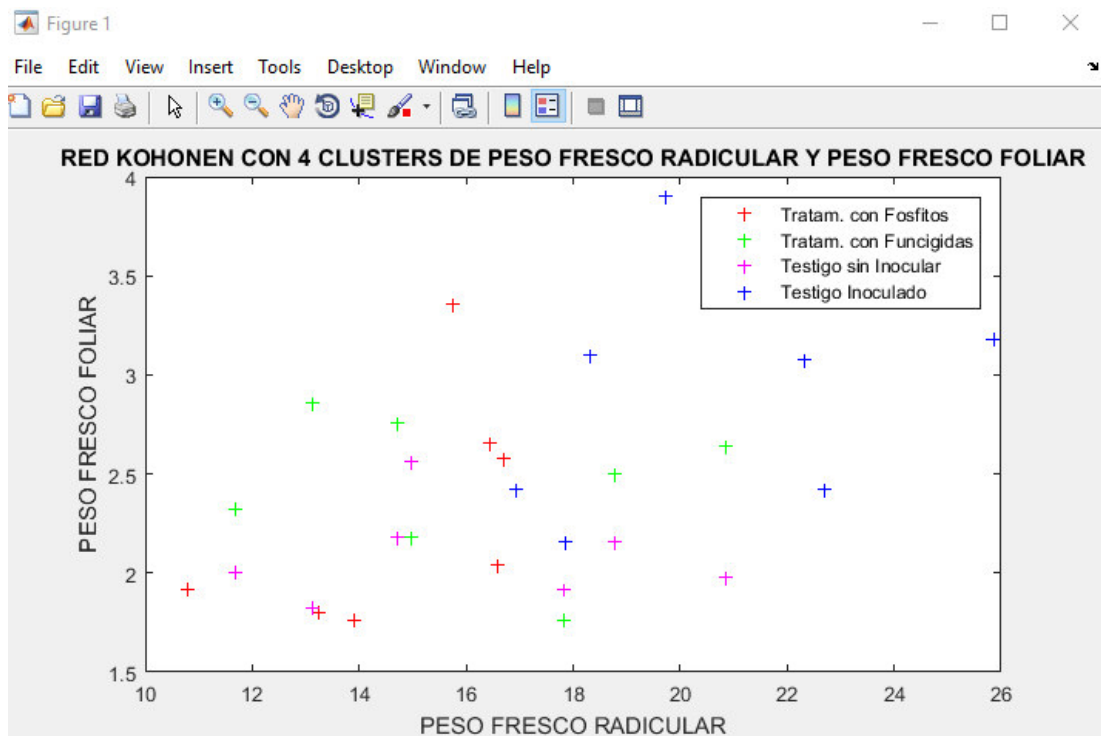


6.1. Red Kohonen con 4 clusters:

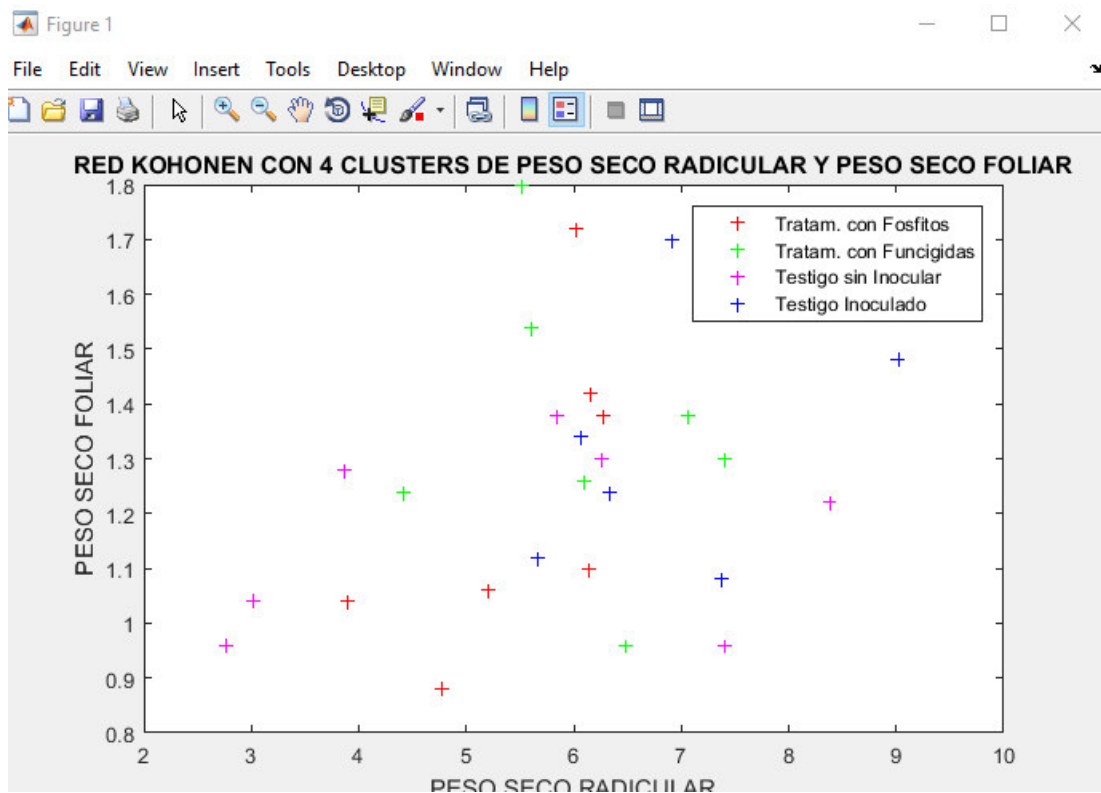
- Tamaño de Plántulas y Tamaño de diámetro.



- Peso fresco Radicular y Peso fresco foliar.



- Peso seco Radicular y Peso seco foliar.



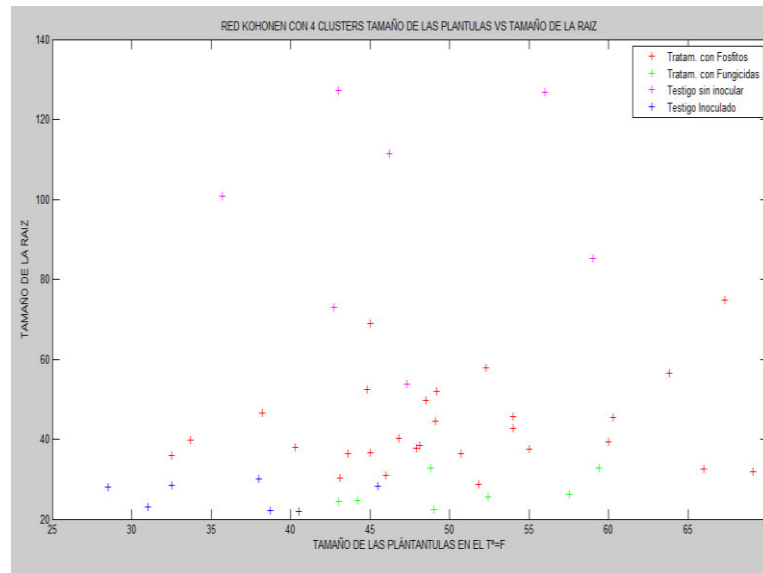
Es claro que en la primera toma de datos del tamaño y el diámetro de las plántulas de arándanos en los diferentes clusters tomados no se diferencia entre ellos.

6.2. Red Kohonen con 4 clusters: Tamaño de Raíz y Peso Fresco foliar

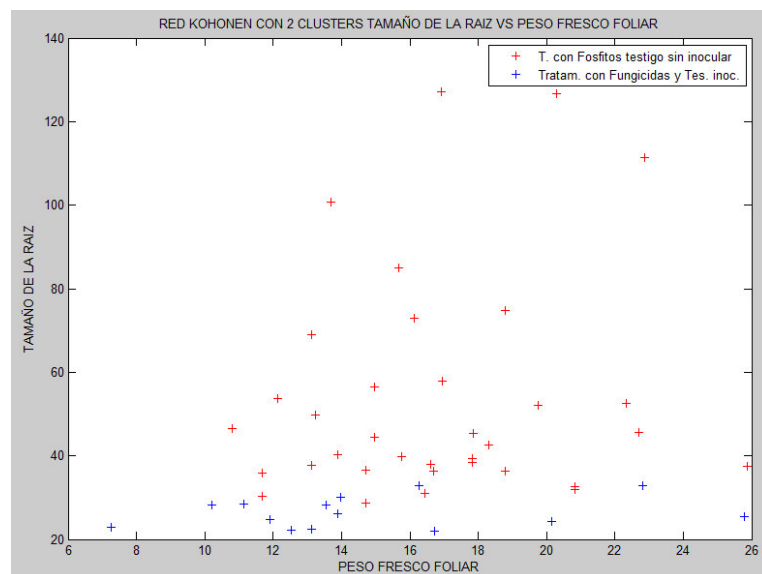
Al término del experimento.

a) Tamaño de la planta y tamaño de la raíz

En la red de Kohonen con 4 clusters. Plantas vs tamaño de la raíz se observa claramente que el tratamiento con los fosfitos es más eficiente al tratamiento con fungicidas ya que este se acerca más a las plántulas sin inocular.



Se creó 2 clusters agrupando en uno a todos los tratados con fosfitos y al testigo sin inocular y por otra parte a al testigo inoculado y a los tratados con fungicidas, observando que es mejor el uso de fosfitos para este experimento.



CONCLUSIONES

- Se probaron combinaciones de variables para identificar la eficiencia de los fosfitos de los fungicidas en el tratamiento
- Las plántulas tratadas con fosfitos Se muestra la eficiencia del uso de fosfitos ante los fungicidas en el tratamiento contra la enfermedad *Phytophthora Cinamomi* en el cultivo de arándano.
- Como un método alternativo a las pruebas estadísticas con la creación de la red neuronal Kohonen se ha logrado comparar los resultados de de plántulas inoculadas de las sin inocular en los diferentes clusters al inicio y al final del experimento.

ANEXOS

Dotas originales de la prueba in vitro del diámetro de desarrollo micelial (cm) de *P. cinnamomi* a 25 °C bajo los diferentes tratamientos

Tratamientos	Día	Desarrollo micelial (cm)				Prom.
		Repeticiones				
		1	2	3	4	
fosfalexin Cu 1/1000	1	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0
	6	2	1.8	1.475	1.875	1.7875
	7	2.325	2.1	1.475	2.25	2.0375
	8	3.125	2.875	1.475	2.975	2.6125
Fosfalexin Cu 2.5/1000	1	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0
	6	1.625	1.275	1.75	1.425	1.51875
	7	1.925	1.425	1.875	1.625	1.7125
	8	2.375	1.6	2.125	1.85	1.9875
Fitopron 1/1000	1	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0
	6	1.075	1.1	1.125	0.825	1.03125
	7	1.075	1.1	1.125	0.825	1.03125
	8	1.075	1.1	1.125	0.825	1.03125

Fitopron 2.5/1000	1	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0
Vacomil plus 50 1/1000	1	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0
Testigo	1	0	0	0	0	0
	3	3.525	3.325	3.85	3.725	3.60625
	6	6.7	6.55	6.85	6.25	6.5875
	7	7.25	7.575	7.875	7.325	7.50625
	8	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4

ANEXO

Datos originales de la prueba de invernadero para la variable altura de planta (cm).

TRATAMIENTO	REPETICIONES	ALTURA DE PLANTA						
		16/10/2014	30/10/2014	06/11/2014	13/11/2014	20/11/2014	27/11/2014	15/12/2014
T1 (fosfalexin Cu foliar)	PL1	33	33	33	33.3	33.6	33.6	33.7
	PL2	26.5	28.5	29.2	29.2	30	31	38.2
	PL3	25	29.5	30	30.6	30.7	36.5	48.5
	PL4	39	39.7	39.7	39.9	42	45.3	50.7
	PL5	36.5	41.3	42	42	42	42	46
	PL6	30	30.5	31	31	31.7	31.7	40.3
	PL7	22	23.5	26.8	30.5	21.7	34.7	46.8
	Promedio	30.2857143	32.2857143	33.1	33.7857143	33.1	36.4	43.4571429
T2 (fitopron foliar)	PL1	21	24.4	24.4	25.6	33.3	39.1	45
	PL2	24	29	30	30.5	30.5	30.5	32.5
	PL3	19	22	24.3	27	30	36.5	45
	PL4	35.5	47.8	50.8	55.7	59.2	60	60
	PL5	26.5	30.7	34	35.1	35.3	42	67.3
	PL6	34.5	55.3	59	61	62	63.8	66
	PL7	44	45	47	47.4	50.5	58.1	63.8
	Promedio	29.2142857	36.3142857	38.5	40.3285714	42.9714286	47.1428571	54.2285714
T3 (fosfalexin Cu	PL1	38.2	41.3	41.5	44.4	47	47	47.9

radicular)	PL2	23.4	27.8	30	30.7	31	31	43.1
	PL3	26.8	29.3	30	30	31	33	51.8
	PL4	35.9	38	38	38.1	38.7	39	48.1
	PL5	14.6	18	24	26.4	28.8	33.2	43.6
	PL6	21.7	27.2	30	33.5	33.8	40	69.1
	PL7	23.4	30.2	33.4	34	34	36	49.1
	Promedio	26.2857143	30.2571429	32.4142857	33.8714286	34.9	37.0285714	50.3857143
T4 (fitopron radicular)	PL1	25.3	27.7	29	33.3	33.6	35.7	49.2
	PL2	27	27	27.5	28	28.5	31	54
	PL3	31.2	37.7	39.5	40	40	42.2	44.8
	PL4	29.6	32.7	33.4	35	37.3	41.3	52.3
	PL5	32.8	34.2	35	35	37.5	38	54
	PL6	38.7	39	40	40	40	41.6	55
	PL7	26.3	29.4	30	30.5	31	40	60.3
	Promedio	30.1285714	32.5285714	33.4857143	34.5428571	35.4142857	38.5428571	52.8
T5 (vacomil plus 50)	PL1	17.5	22.5	26	28.7	30	36.5	49
	PL2	37.8	41	41.2	42	42	42	43
	PL3	23.6	27.2	30.1	32	32.5	33.8	44.2
	PL4	38.2	41.5	45	47.2	47.5	48.5	48.8
	PL5	40.1	43	43.2	45.5	46	52	52.4
	PL6	24.3	30.2	34.5	38.9	44.6	53.1	59.4
	PL7	19.8	21.1	23	28.9	31.4	34.1	57.5
	Promedio	28.7571429	32.3571429	34.7142857	37.6	39.1428571	42.8571429	50.6142857
T6 (testigo sin inocular)	PL1	43.6	45.5	46.3	47.2	48	49	56
	PL2	32.5	33.5	34.2	34.3	35	40	47.3
	PL3	26.4	31.2	31	36.6	40	45.2	59

	PL4	23	23.4	24	24.5	26	29	35.7
	PL5	26.8	27.8	28.5	28.5	30	32	43
	PL6	37.5	40.1	41.1	42.2	42.4	42.6	42.7
	PL7	28.5	32.3	33.5	33.5	34.7	35	46.2
	Promedio	31.1857143	33.4	34.0857143	35.2571429	36.5857143	38.9714286	47.1285714
T7(testigo inoculado)	PL1	30	31.7	32.5	32.5	32.5	32.5	38
	PL2	24.6	28.6	30.5	31.2	32	32	31
	PL3	24	26.8	27.5	28	28.5	29	45.5
	PL4	22.2	25.5	26.8	27.5	27.6	27.6	28.5
	PL5	30	30.3	31	31	31	31.4	32.5
	PL6	19.3	19.8	21.5	21.5	25	31	38.7
	PL7	32.7	34.1	34.7	34.8	35	35	40.5
	Promedio	26.1142857	28.1142857	29.2142857	29.5	30.2285714	31.2142857	36.3857143

ANEXO

Datos originales de la prueba de invernadero para la variable diámetro de tallo (mm).

TRATAMIENTO	REPETICONES	DIAMETRO						
		16/10/2014	30/10/2014	06/11/2014	13/11/2014	20/11/2014	27/11/2014	15/12/2014
T1 (fosfalexin Cu foliar)	PL1	0.38	0.395	0.42	0.48	0.52	0.58	0.725
	PL2	0.31	0.315	0.33	0.35	0.36	0.365	0.375
	PL3	0.4	0.405	0.41	0.435	0.475	0.5	0.52
	PL4	0.32	0.33	0.345	0.385	0.415	0.445	0.46
	PL5	0.355	0.365	0.375	0.4	0.425	0.445	0.53
	PL6	0.23	0.235	0.24	0.275	0.3	0.33	0.395
	PL7	0.225	0.24	0.25	0.285	0.325	0.355	0.4
	Promedio	0.31714286	0.32642857	0.33857143	0.37285714	0.40285714	0.43142857	0.48642857
T2 (fitopron foliar)	PL1	0.37	0.375	0.385	0.435	0.46	0.45	0.77
	PL2	0.37	0.375	0.375	0.415	0.475	0.485	0.65
	PL3	0.305	0.31	0.315	0.355	0.38	0.48	0.445
	PL4	0.4	0.415	0.435	0.46	0.46	0.49	0.51
	PL5	0.28	0.285	0.285	0.305	0.335	0.36	0.38
	PL6	0.34	0.37	0.395	0.4	0.42	0.615	0.665
	PL7	0.3	0.315	0.32	0.335	0.345	0.355	0.305

	Promedio	0.33785714	0.34928571	0.35857143	0.38642857	0.41071429	0.46214286	0.53214286
T3 (fosfaalexin Cu radicular)	PL1	0.425	0.43	0.435	0.46	0.5	0.56	0.71
	PL2	0.29	0.295	0.3	0.325	0.35	0.35	0.38
	PL3	0.48	0.485	0.49	0.53	0.585	0.595	0.635
	PL4	0.235	0.255	0.27	0.285	0.3	0.3	0.47
	PL5	0.3	0.315	0.35	0.375	0.4	0.405	0.435
	PL6	0.205	0.29	0.375	0.4	0.435	0.45	0.46
	PL7	0.3	0.32	0.33	0.345	0.39	0.43	0.465
	Promedio	0.31928571	0.34142857	0.36428571	0.38857143	0.42285714	0.44142857	0.50785714
T4 (fitopron radicular)	PL1	0.325	0.34	0.35	0.375	0.4	0.515	0.55
	PL2	0.305	0.305	0.305	0.38	0.44	0.45	0.525
	PL3	0.4	0.425	0.43	0.455	0.49	0.515	0.6
	PL4	0.22	0.225	0.23	0.285	0.315	0.325	0.39
	PL5	0.32	0.35	0.38	0.41	0.445	0.455	0.53
	PL6	0.3	0.325	0.355	0.37	0.385	0.41	0.47
	PL7	0.23	0.3	0.35	0.395	0.435	0.455	0.475
	Promedio	0.3	0.32428571	0.34285714	0.38142857	0.41571429	0.44642857	0.50571429
T5 (Vacomil plus 50 radicular)	PL1	0.28	0.29	0.295	0.32	0.35	0.4	0.43
	PL2	0.34	0.38	0.4	0.515	0.56	0.585	0.655
	PL3	0.33	0.355	0.39	0.43	0.465	0.535	0.555
	PL4	0.34	0.35	0.37	0.405	0.43	0.44	0.45
	PL5	0.295	0.3	0.305	0.315	0.33	0.35	0.405
	PL6	0.3	0.305	0.31	0.345	0.365	0.33	0.455
	PL7	0.275	0.35	0.46	0.495	0.52	0.53	0.565
	Promedio	0.30857143	0.33285714	0.36142857	0.40357143	0.43142857	0.45285714	0.50214286
T6 (testigo sin inocular)	PL1	0.28	0.305	0.335	0.37	0.4	0.435	0.465

	PL2	0.37	0.38	0.385	0.39	0.435	0.455	0.47
	PL3	0.375	0.385	0.4	0.46	0.525	0.58	0.7
	PL4	0.315	0.32	0.335	0.38	0.395	0.415	0.535
	PL5	0.23	0.26	0.29	0.315	0.34	0.375	0.445
	PL6	0.335	0.355	0.385	0.4	0.425	0.445	0.455
	PL7	0.355	0.36	0.375	0.435	0.48	0.51	0.535
	Promedio	0.32285714	0.33785714	0.35785714	0.39285714	0.42857143	0.45928571	0.515
T7 (testigo inoculado)	PL1	0.275	0.275	0.275	0.3	0.315	0.325	0.37
	PL2	0.26	0.265	0.265	0.275	0.285	0.31	0.35
	PL3	0.22	0.22	0.225	0.255	0.27	0.27	0.325
	PL4	0.305	0.335	0.445	0.47	0.5	0.61	0.655
	PL5	0.455	0.655	0.48	0.495	0.525	0.6	0.625
	PL6	0.355	0.355	0.355	0.355	0.355	0.355	0.375
	PL7	0.305	0.31	0.33	0.34	0.345	0.35	0.355
	Promedio	0.31071429	0.345	0.33928571	0.35571429	0.37071429	0.40285714	0.43642857

ANEXO

Datos originales de la prueba de invernadero para la variable peso fresco foliar (gr).

TRATAMIENTOS		T1 fosfalexin Cu (foliar)	T2 Fitopron (foliar)	T3 Fosfalexin Cu (radicular)	T4 Fitopron "radicular"	T5 Vacomil plus 50	T6 Testigo sin inocular	T7 testigo inoculado
REPETICIONES	PL1	15.76	13.12	13.12	19.74	13.12	20.3	13.98
	PL2	10.8	11.68	11.68	18.32	20.14	12.14	7.26
	PL3	13.24	14.72	14.72	22.32	11.92	15.68	13.56
	PL4	16.7	17.82	17.82	16.94	16.28	13.7	10.2
	PL5	16.44	18.78	18.78	22.7	25.8	16.92	11.14
	PL6	16.6	20.84	20.84	25.88	22.8	16.12	12.52
	PL7	13.9	14.96	14.96	17.86	13.88	22.88	16.72
PROMEDIOS		14.7771429	15.9885714	14.2257143	20.5371429	17.7057143	16.82	12.1971429

ANEXO

Datos originales de la prueba de invernadero para la variable peso fresco radicular (gr).

TRATAMIENTOS		T1 fosfalexin Cu (foliar)	T2 Fitopron (foliar)	T3 Fosfalexin Cu (radicular)	T4 Fitopron "radicular"	T5 Vacomil plus 50	T6 Testigo sin inocular	T7 testigo inoculado
REPETICIONES	PL1	3.36	2.86	1.82	3.9	2.46	3.82	2.96
	PL2	1.92	2.32	2	3.1	2.06	2.94	1.08
	PL3	1.8	2.76	2.18	3.08	1.82	2.12	2.5
	PL4	2.58	1.76	1.92	2.42	2.92	2.48	0.86
	PL5	2.66	2.5	2.16	2.42	3.44	4.02	1.46
	PL6	2.04	2.64	1.98	3.18	2.62	3.46	1.44
	PL7	1.76	2.18	2.56	2.16	1.5	4.78	2.52
PROMEDIOS		2.30285714	2.43142857	2.08857143	2.89428571	2.40285714	3.37428571	1.83142857

ANEXO

Datos originales de la prueba de invernadero para la variable peso seco foliar (gr).

TRATAMIENTOS		T1 fosfalexin Cu (foliar)	T2 Fitopron (foliar)	T3 Fosfalexin Cu (radicular)	T4 Fitopron "radicular"	T5 Vacomil plus 50	T6 Testigo sin inocular	T7 testigo inoculado
REPETICIONES	PL1	6.02	5.52	7.4	6.92	4.36	8.64	5.64
	PL2	3.9	4.42	3.02	6.06	6.88	4.8	3.2
	PL3	5.2	5.6	5.84	7.98	3.76	6.24	5.08
	PL4	6.28	6.48	2.76	5.66	5.36	5.14	4.08
	PL5	6.16	7.06	3.86	7.38	8.9	6.88	4.22
	PL6	6.14	7.4	8.38	9.02	7.68	6.12	4.78
	PL7	4.78	6.1	6.26	6.34	4.36	9.84	6.86
PROMEDIOS		5.49714286	6.08285714	5.36	7.05142857	5.9	6.80857143	4.83714286

ANEXO

Datos originales de la prueba de invernadero para la variable peso seco radicular (gr).

TRATAMIENTOS		T1 fosfaalexin Cu (foliar)	T2 Fitopron (foliar)	T3 Fosfaalexin Cu (radicular)	T4 Fitopron "radicular"	T5 Vacomil plus 50	T6 Testigo sin inocular	T7 testigo inoculado
REPETICIONES	PL1	1.72	1.8	0.96	1.7	1.06	2.1	1.52
	PL2	1.04	1.24	1.04	1.34	0.9	1.54	0.58
	PL3	1.06	1.54	1.38	1.58	0.8	1.12	1.36
	PL4	1.38	0.96	0.96	1.12	1.32	1.34	0.44
	PL5	1.42	1.38	1.28	1.08	1.52	2.4	0.86
	PL6	1.1	1.3	1.22	1.48	1.28	1.72	0.8
	PL7	0.88	1.26	1.3	1.24	0.72	2.52	1.36
PROMEDIOS		1.22857143	1.35428571	1.16285714	1.36285714	1.08571429	1.82	0.98857143

ANEXO

Datos originales de la prueba de invernadero para la variable peso seco radicular (gr).

TRATAMIENTOS		T1 fosfaalexin Cu (foliar)	T2 Fitopron (foliar)	T3 Fosfaalexin Cu (radicular)	T4 Fitopron "radicular"	T5 Vacomil plus 50	T6 Testigo sin inocular	T7 testigo inoculado
REPETICIONES	PL1	1.72	1.8	0.96	1.7	1.06	2.1	1.52
	PL2	1.04	1.24	1.04	1.34	0.9	1.54	0.58
	PL3	1.06	1.54	1.38	1.58	0.8	1.12	1.36
	PL4	1.38	0.96	0.96	1.12	1.32	1.34	0.44
	PL5	1.42	1.38	1.28	1.08	1.52	2.4	0.86
	PL6	1.1	1.3	1.22	1.48	1.28	1.72	0.8
	PL7	0.88	1.26	1.3	1.24	0.72	2.52	1.36
PROMEDIOS		1.22857143	1.35428571	1.16285714	1.36285714	1.08571429	1.82	0.98857143

ANEXO

Datos originales de la prueba de invernadero para la variable longitud de raíz (cm).

TRATAMIENTOS		T1 fosfalexin Cu (foliar)	T2 Fitopron (foliar)	T3 Fosfalexin Cu (radicular)	T4 Fitopron "radicular"	T5 Vacomil plus 50	T6 Testigo sin inocular	T7 testigo inoculado
REPETICIONES	PL1	39.703	68.92	37.793	51.975	22.423	126.667	29.973
	PL2	46.531	35.832	30.379	42.611	24.388	53.781	22.94
	PL3	49.77	36.536	28.618	52.449	24.74	85.088	28.316
	PL4	36.38	39.404	38.328	57.903	32.799	100.798	28.124
	PL5	30.979	74.888	36.319	45.567	25.513	127.181	28.523
	PL6	38.011	32.579	31.882	37.461	32.775	72.943	22.229
	PL7	40.221	56.472	44.509	45.317	26.155	111.385	22.01
PROMEDIOS		40.2278571	49.233	35.404	47.6118571	26.9704286	96.8347143	26.0164286

ANEXO

Datos originales de la prueba de invernadero para la variable porcentaje de daño radicular (%).

TRATAMIENTOS		T1 fosfalexin Cu (foliar)	T2 Fitopron (foliar)	T3 Fosfalexin Cu (radicular)	T4 Fitopron "radicular"	T5 Vacomil plus 50	T6 Testigo sin inocular	T7 testigo inoculado
REPETICIONES	PL1	30	28	40	10	50	0	55
	PL2	39	25	50	15	50	20	50
	PL3	35	22	45	8	60	20	40
	PL4	35	30	50	10	50	3	100
	PL5	40	25	58	10	60	0	55
	PL6	40	28	55	25	65	5	90
	PL7	55	20	50	20	60	0	70
PROMEDIOS		39.1428571	25.4285714	49.7142857	14	56.4285714	6.85714286	65.7142857